Enseignement des sciences **STS**

Pour unifier les buts de
l'enseignement des sciences
1992

507
J46
1992
c.5

CDPCOLSP

UAGE SERVICES

Alberta
EDUCATION

UNIVERSITY OF ALBERTA
QUAECUMQUE VERA

EX LIBRIS
UNIVERSITATIS
ALBERTENSIS

Enseignement des sciences STS:

Pour unifier les buts de l'enseignement des sciences

Language Services Branch
Alberta Education
1992

Données de catalogage avant publication (Alberta Education)

Alberta. Alberta Education. Language Services
Enseignement des sciences STS : Pour unifier les buts de l'enseignement des sciences.

ISBN 0-7732-0753-8

1. Sciences – Étude et enseignement (Secondaire) – Alberta. I. Titre.

Q181.5.A333 1992 507

Pour éviter d'alourdir le texte, nous nous conformons dans le présent document à la règle de grammaire qui permet d'utiliser le masculin avec une valeur de neutre lorsqu'on parle en général. Par exemple, il est clair que lorsqu'on utilise les mots "enseignant" et "élève", ces masculins incluent un enseignant et un élève de l'un ou de l'autre sexe.

© Copyright 1992. La Couronne du Chef de la province de l'Alberta représentée par le ministre de l'Éducation. Tous droits réservés. En vente par l'entremise du Learning Resources Distributing Centre. Par la présente, il est permis à tout établissement scolaire de reproduire ce document uniquement pour usage interne.

Bibliothèque Saint-Jean
University of Alberta

Remerciements

Le ministère de l'Éducation tient à remercier les personnes et les groupes qui l'ont aidé à développer et à produire cette monographie et reconnaît la contribution des personnes suivantes:

Auteur

Frank Jenkins

Réviseurs

Virginia Durksen
Barbara McCord

Illustrateur

Jim Ritter

Mise en page et conception

Jaclyn Peebles

Éditique

Eileen Boyd
Tania Pander
Ruby Watmough

Administration : Curriculum Support Branch, Alberta Education

La monographie STS a été élaborée sous la direction du personnel suivant de Curriculum Support Branch :

Keith Wagner, Directeur
Merv Thornton, Directeur adjoint, Exploitation des ressources et mise en oeuvre
Garth Hendren, Coordinateur en sciences
Oliver Lantz, Directeur du développement en sciences

Version française

Traduction : Northwest Industries Limited
Technical Publications Dept.

Révision : François Lizaire
Jocelyne Bélanger

Responsable du projet : Ghislaine Lavergne

Avant-propos

Les premiers pas vers le développement de cette monographie ont été faits lorsqu'on a reconnu qu'il était nécessaire d'expliquer et de décrire ce qu'était l'enseignement des sciences STS (Science, Technologie et Société). Le sigle STS est devenu le mot à la mode dans l'enseignement des sciences à travers l'Amérique du Nord et au niveau international. STS est un concept important et annonce le premier changement significatif dans l'enseignement des sciences depuis 25 ans. C'est en pensant à cela qu'Alberta Education a préparé cette monographie. Conçue comme document d'appui pour le nouveau programme de sciences d'Alberta Education, cette monographie, par sa description détaillée, aidera les enseignants à intégrer le concept STS à l'intérieur de leurs théories d'éducation. Les professeurs de sciences du système scolaire trouveront ce document utile puisqu'il explique et décrit les bases d'une toute nouvelle méthode d'enseignement des sciences.

Table des matières — Page

Remerciements iii

Avant-propos v

Introduction 1

Avantages du concept STS 3

Genres de cours STS 5

Les points importants du curriculum 7

Les points importants du programme de sciences 10

1. Connaissance scientifique 11
2. Habiletés de la démarche scientifique 12
3. Attitudes scientifiques 14
4. Résolution de problèmes scientifiques 14
5. La nature de la science 15
6. Résumé 18

Les points importants d'un programme de technologie 19

1. Connaissance technologique 22
2. Habiletés technologiques 23
3. Résolution de problèmes technologiques 23
4. Attitudes technologiques 25
5. La technologie dans les sciences 26
6. La technologie dans la société 27
7. La nature de la technologie 28
8. Résumé 28

Les points importants du programme de vie en société 30

1. Connaissance sociétale 31
2. Habiletés sociétales 32
3. Attitudes sociétales 36
4. Prise de décision sociétale 37
5. La science dans la société 41
6. Résumé 43

Vue d'ensemble 44

Épilogue 47

Bibliographie avec commentaires 49

Introduction

Dans les pays occidentaux, les années 80 se sont avérées un temps de réflexion sur les buts de l'enseignement des sciences. Après avoir effectué, pendant quatre ans, une recherche sur l'enseignement des sciences au Canada, le Conseil des Sciences du Canada (1984) recommandait ce qui suit : «Que les sciences devraient être enseignées à tous les niveaux scolaires, en se concentrant et en mettant l'accent sur la relation qui existe entre la science, la technologie et la société (STS), afin d'augmenter le niveau de connaissance des sciences de tout citoyen.» Cette monographie, **L'enseignement des sciences STS : Pour unifier les buts de l'enseignement des sciences,** présente une description détaillée du mouvement STS dans l'enseignement des sciences. L'approche STS s'efforce d'élargir la portée de l'enseignement des sciences en intégrant, à l'intérieur du programme d'études en sciences, des présentations exactes de la nature de la science, de la nature de la technologie, des interactions entre la science et la technologie et leur relation avec la société. L'approche STS a pour but de répondre aux besoins non seulement des élèves qui continueront à étudier ou à travailler dans le domaine des sciences, mais aussi aux besoins de toute la population étudiante qui deviendra les citoyens du 21e siècle.

STS est un mouvement international d'enseignement des sciences. Ce concept est devenu une rubrique utile pour unifier, organiser et définir des principes divers et des énoncés d'objectifs. L'Australie, la Grande-Bretagne, les États-Unis, le Canada et d'autres pays sont engagés dans le développement du programme. STS est appuyé non seulement par les éducateurs et les enseignants en sciences traditionnelles mais aussi par les scientifiques, les ingénieurs, les spécialistes des sciences sociales et les politiciens. Par exemple, l'American Chemical Society a parrainé un manuel de chimie STS, **ChemCom** (Chemistry in the Community [ou la chimie dans la communauté]); la British Teacher's Association for Science Education a parrainé le projet **SaTiS** (Science and Technology in Society [ou science et technologie dans la société]); la **NASTS** (National Association of Science, Technology and Society) a été établie avec un réseau et une conférence annuelle STS aux États-Unis; dans l'État de Victoria, en Australie, le nouveau programme d'études en sciences et ses examens d'un bout à l'autre de l'État, ont une forte orientation STS; les provinces de l'Ontario, de la Saskatchewan, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique se sont engagées à se servir des concepts STS pour élaborer un programme de sciences; les universités de l'Alberta offrent des cours STS et sont sur le point d'organiser des programmes interdisciplinaires en vue d'un baccalauréat en science, technologie et société; et, sur le plan international, il existe un réseau de recherches technologiques et scientifiques (Science and Technology Research Network, STS-RN) et une conférence internationale annuelle pour les chercheurs sur l'enseignement des sciences au niveau universitaire.

«L'enseignement des sciences d'autrefois n'a pas su préparer les gens à la vie qu'ils auraient à mener, mais s'est entièrement concentré à les préparer à des carrières qu'ils ne poursuivraient pas. Il y a, heureusement, de nombreux signes encourageants à l'horizon; heureusement qu'il y a maintenant plusieurs nouveaux programmes conçus spécialement pour répondre à la situation actuelle.»

Robert E. Yager
(1983 : 53)

Comment se fait-il que le concept STS ait retenu l'attention de personnes intéressées par l'enseignement des sciences? STS peut satisfaire une grande variété de groupes intéressés aussi bien par les sciences exactes que par la nature de la science, la science et la technologie et les questions STS. La raison principale qui fait de STS un élément important à incorporer dans les programmes de sciences, est que nous avons réalisé qu'il était important que les membres de la société comprennent les effets de la science et de la technologie sur la société. Comme le stipule le **Secondary Education in Alberta Policy Statement** (1985) d'Alberta Education, la meilleure façon de préparer les élèves à prévoir et à influencer l'avenir c'est de leur donner une éducation très générale en mettant l'accent sur la pensée critique et créative, la communication, le développement personnel, les sciences et la technologie ainsi que sur la compréhension de la société.

Tous les éducateurs sont d'accord pour dire que les élèves doivent être exposés à un enseignement des sciences aussi général que possible pour que leur réussite soit assurée. Tous les élèves sont des citoyens, y compris les futurs scientifiques, ingénieurs et techniciens. Mais tous ne deviendront pas des scientifiques, des ingénieurs ou des techniciens. Il est certain que, de plus en plus, tous les citoyens seront appelés à prendre des décisions concernant les questions qui touchent STS. Ainsi, nos citoyens et nos dirigeants devront non seulement avoir de plus grandes connaissances scientifiques et technologiques, mais ils devront aussi connaître les limites de la science et de la technologie à résoudre les problèmes de notre société. Par exemple, nombreux sont ceux qui croient que les scientifiques et les technologues pourront toujours trouver une solution technologique aux problèmes de l'environnement créés par les besoins et les désirs d'un mode de vie moderne. S'il faut s'attendre à ce que les citoyens de demain puissent prendre de bonnes décisions pour résoudre des problèmes de plus en plus complexes, il est nécessaire que les élèves d'aujourd'hui comprennent mieux la science, la technologie et la société pour être en mesure de prendre de telles décisions dans l'avenir.

Le temps est venu pour ceux qui élaborent les programmes et les manuels scolaires de prendre le gouvernail dans l'unification systématique des différentes formes de connaissances. Dans le passé, les buts et les objectifs des programmes ont été divers et le matériel pédagogique et l'enseignement, restreints. Il était ironique de demander à celui qui était le moins expert dans l'échelle hiérarchique de l'éducation, c'est-à-dire l'élève, d'intégrer différentes formes de connaissances. Le défi présenté par le **Review of Secondary Programs** (1985) d'Alberta Education, est de rendre chacun responsable de l'atteinte de tous les objectifs de l'enseignement des sciences. Pour réaliser le rêve d'un enseignement des sciences avec des objectifs unifiés, il faut un plan clair et précis.

Avantages du concept STS

Nombreux sont ceux qui voient le concept STS comme étant un moyen de définir et d'atteindre les objectifs de l'enseignement des sciences d'une façon plus équilibrée. Pendant des années, les professeurs de sciences ont puisé une grande variété d'objectifs dans les buts généraux de l'éducation, y compris dans les énoncés qui vont au-delà des connaissances conceptuelles et descriptives normales que l'on trouve dans les programmes d'études en sciences. Cependant, les objectifs de l'enseignement des sciences qui ont été atteints et testés, se sont, en général, restreints aux concepts et descriptions scientifiques. La plupart des professeurs de sciences cherchent maintenant à augmenter les objectifs qui seront à la fois atteints et testés. La partie «scientifique» de STS a été augmentée pour inclure non seulement la connaissance scientifique (concepts et descriptions) mais aussi les habiletés de la démarche scientifique, les attitudes et la connaissance de la nature de la science. Cette expansion horizontale des objectifs du programme de sciences s'accompagne d'une expansion verticale vers le domaine de la technologie et de la société (voir figure 1). La responsabilité des enseignants et de ceux qui conçoivent les programmes sera de décider quel sera le niveau d'approfondissement des connaissances, des habiletés et des attitudes dans l'étude de la technologie, de la société et des interactions STS.

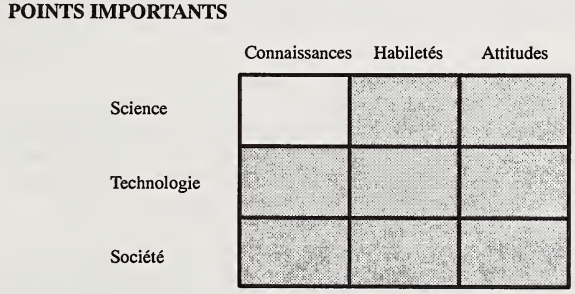

Figure 1. Contenu scientifique standard et contenu STS augmenté

Le choix des objectifs de l'enseignement des sciences à être unifiés et intégrés par STS est très grand. L'étude faite par le Conseil des Sciences du Canada et la Deuxième étude internationale des sciences de l'Association internationale pour l'évaluation de l'avancement de l'enseignement (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) (Connelly et al. 1985), ont révélé qu'en Alberta, pendant les années 70 et 80, les objectifs du programme de sciences à l'école secondaire étaient semblables aux objectifs établis pour l'enseignement des sciences à travers le Canada.

Pour les besoins de cette monographie, nous avons cru qu'il serait utile de définir le contenu scientifique standard comme étant la connaissance scientifique (les concepts scientifiques et les descriptions) et de définir le contenu STS augmenté comme étant la connaissance de la science, de la technologie et de la société, ainsi que les habiletés et les attitudes et de les placer au-delà du contenu scientifique standard.

Objectifs des sciences à l'école secondaire

1. Promouvoir la compréhension du rôle des sciences dans le développement des sociétés. [Société]
2. Promouvoir une prise de conscience des implications humanistes des sciences. [Société]
3. Développer une compréhension critique des problèmes sociaux actuels qui touchent le domaine des [sciences] d'une manière significative. [Société]
4. Promouvoir la compréhension et le développement des habiletés utilisées par la méthode scientifique. [Science]
5. Promouvoir l'assimilation de la connaissance scientifique; par exemple, les idées fondamentales et les applications pratiques de la science, l'aspect non-limitatif des sciences et l'aspect provisoire de la connaissance scientifique. [Science et Technologie]
6. Développer des attitudes, des intérêts, des valeurs, une compréhension et un pouvoir d'adaptation semblables à ceux qu'affichent les scientifiques au travail. [Science]
7. Contribuer au développement des connaissances et compétences professionnelles. [Technologie]

(Programme d'études pour les écoles secondaires de deuxième cycle, Alberta Education 1976)

Ces buts ne sont pas nouveaux mais ils peuvent tous être classés dans les nouvelles catégories de la science, technologie et société. L'avantage du modèle STS est qu'il comporte moins de catégories générales d'objectifs et que son système de classification est simplifié. De plus, les éléments tels que la connaissance, les habiletés et les attitudes s'appliquent à chacune des trois catégories STS.

Les éducateurs doivent alors décider quels éléments de la connaissance, des habiletés et des attitudes de la science, technologie et société ils incorporeront dans le curriculum, et jusqu'à quel degré. Il n'appartient pas seulement à celui qui conçoit le programme mais aussi à l'enseignant de décider. Bien que le programme d'études établisse les composantes du curriculum, l'enseignant doit être en mesure de saisir les occasions d'intégrer en classe les éléments STS augmentés dans les activités de tous les jours. Cette intégration est le principal défi rencontré par les enseignants qui essaient d'avoir un curriculum incorporant tous les objectifs de l'enseignement des sciences.

Genres de cours STS

Les cours STS du niveau secondaire varient entre les cours ayant un contenu scientifique limité (tels que le cours britannique **SISCON** – Les sciences dans un contexte social – et le matériel pédagogique de Sciences et technologie de la Colombie-Britannique), les cours ayant un certain contenu scientifique (tels que le matériel pédagogique américain **ChemCom** et celui de la Saskatchewan **LoRST** – Raisonnement logique dans les sciences et la technologie), et tous les cours présentant un contenu scientifique approfondi tels que le matériel britannique **SaTiS**, le curriculum de l'État de Victoria en Australie, et le nouveau curriculum des sciences de l'Alberta. En général, dans ce continuum, le contenu STS augmenté diminue au fur et à mesure qu'augmente le contenu scientifique standard. (Le matériel pédagogique de ce cours est décrit dans la bibliographie à la section «Exemples de manuels STS», p. 55).

La différence qui existe entre les cours STS va au-delà du degré d'intégration du contenu STS et des concepts et descriptions scientifiques standard. Le contenu scientifique, technologique et sociétal, ainsi que les interactions STS, varient d'un cours STS à l'autre. Par exemple, dans un programme d'études STS, il est possible que l'accent soit mis sur les habiletés de la démarche scientifique, sur les questions STS, sur les interactions des sciences et de la technologie, ou sur des éléments STS combinés. Le niveau scolaire de l'élève peut aussi déterminer le choix des éléments STS; par exemple, il se peut que les élèves du secondaire premier cycle se concentrent sur les habiletés de la démarche scientifique, alors que les élèves du secondaire deuxième cycle s'orientent vers une étude plus approfondie de la nature de la science. De même, un cours de sciences générales peut mettre plus l'accent sur les questions STS que ne le ferait un cours normal de sciences qui pourrait accentuer davantage la nature de la connaissance scientifique.

Même si le niveau du contenu scientifique varie d'un cours STS à l'autre, on trouve dans les cours de sciences STS une grande part de contenu scientifique standard. Par exemple, les cours de sciences dans les écoles secondaires de l'Alberta comprennent, par tradition, un pourcentage élevé de connaissances scientifiques telles que les concepts et les descriptions. Cependant, le programme d'études actuel dans les classes de l'Alberta a évolué au cours des années, et accorde maintenant une plus grande importance aux habiletés et aux applications technologiques. Ce qui était accentué dans les curricula traditionnels continuent à être proéminent dans les programmes d'études de sciences proposés. Les habiletés de la démarche scientifique et les éléments de résolution de problèmes ont été augmentés pour inclure les compétences technologiques et sociétales, la résolution de problèmes et pour accorder une plus grande importance à la nature de la science. L'aspect technologique

a été développé davantage à partir des applications technologiques pour inclure une étude des interactions de la science et de la technologie; par exemple, des études de cas sur la technologie dirigeant les sciences et sur les sciences dirigeant la technologie.

Le plus récent ajout au curriculum est la façon d'aborder les questions STS. La technologie, et indirectement les sciences, ont eu un effet croissant sur la société, et ont donné des résultats qui sont considérés, en majeure partie, comme étant positifs. Cependant, les questions STS comme celles posées par la guerre chimique, le génie génétique, l'effet de serre, l'avortement et les missiles de croisière, augmentent en nombre. Le niveau auquel ces questions sont traitées dans les programmes d'études augmente généralement lorsqu'on passe d'un cours régulier de sciences tel qu'un cours de physique, à un cours de sciences générales au secondaire, premier cycle ou deuxième cycle, puis à un cours STS de formation générale à l'université. Un cours de sciences STS n'est pas un cours d'études sociales ou de philosophie; c'est avant tout un cours de sciences et ensuite, un cours STS. Toutefois, le genre de contenu et le niveau du contenu en science, technologie et société sont des variables qui peuvent être manipulées d'un programme d'études à un autre.

Souvent on pense que STS signifie que le programme a été préparé en fonction des questions STS. Bien que, dans certains contextes, il soit approprié de baser le programme sur les questions STS, cette méthode ne représente qu'une possibilité de concevoir les programmes STS. En théorie, un programme STS pourrait, par exemple, se concentrer sur les habiletés de la démarche scientifique, les applications technologiques, les interactions entre les sciences et la technologie, ou la nature de la science, ou les deux. Cependant, un programme STS équilibré ne se contentera pas de n'aborder qu'un seul de ces éléments STS. Même si parfois il peut être opportun de mettre l'accent sur un des éléments STS plutôt que sur un autre, on portera une attention particulière au genre et au niveau de chaque élément STS dans chaque programme d'études.

Les points importants du curriculum

Pendant de nombreuses années, l'enseignement des sciences a classé le contenu du programme des sciences dans des catégories telles que les sujets d'études (par exemple, la théorie atomique, l'électricité, l'écologie) et l'apprentissage fondamental (par exemple, la connaissance, les habiletés et les attitudes). Les sujets d'études et l'apprentissage fondamental sont des concepts créés par les professeurs de sciences pour organiser et présenter la connaissance scientifique. Selon les paroles de Kaplan, «les concepts marquent les chemins qui nous conduisent à travers l'espace logique» (1964). Récemment, les professeurs de sciences ont ajouté deux nouveaux concepts pour nous aider à nous frayer un passage vers un programme de sciences plus unifié et plus équilibré – un curriculum qui atteint tous les buts de l'enseignement des sciences. Ces deux nouveaux concepts sont l'enseignement des sciences STS (voir Bybee, 1986) et les points importants du curriculum (voir Roberts, 1982).

STS est un concept qui nous permet d'intégrer la science, la technologie et la société dans n'importe quel cours (mais surtout dans les cours de sciences), d'une façon logique et constante.Le concept STS peut être utilisé pour décider de la quantité de la connaissance technologique et sociétale qui devrait être présentée dans un cours de sciences – ou d'ailleurs, la quantité de science et de technologie présentée dans les cours d'études sociales.

Les points importants du curriculum, lorsqu'ils sont combinés avec le concept STS, permettent l'introduction systématique de la connaissance scientifique, technologique et sociétale dans les cours de sciences. Lorsque Roberts (1982) a développé et mis en application le concept des points importants du curriculum, il a indiqué qu'on ne peut pas atteindre tous les buts de la même façon dans toutes les unités d'études. Par exemple, si on introduit dans un curriculum, la nature de la science, la relation des sciences avec la technologie, et les prises de décisions sur des questions STS, chacun de ces objectifs peut être mis en valeur dans différentes unités d'études d'un même manuel. En reliant chaque sujet ou unité d'études à un point particulier du curriculum, la nature de la science ou les questions STS peuvent être couvertes d'une façon plus systématique et étendue. L'autre possibilité est une présentation plus superficielle et moins systématique d'importants concepts tels que la nature de la science.

«Les points importants du curriculum sont des ensembles de messages sur les sciences. ... De tels messages peuvent être communiqués soit de façon implicite ou explicite. Les points importants du curriculum peuvent se matérialiser en cinq ou six semaines (et pas moins que cela). ... La cohérence et le débit [des points importants d'un curriculum] sont autant une source de grand intérêt que la cohérence et le débit de la matière elle-même.»

Douglas Roberts
(1982 : 245, 250, 251)

Le concept STS et le concept des points importants du curriculum sont tous les deux des produits des années 80. Développés chacun de leur côté, ils ont maintenant fusionné au Canada. Plusieurs projets pédagogiques et les directions responsables du développement des programmes ont uni les concepts et ont suggéré que les points importants du curriculum à développer devraient être la science, la

technologie et la société. Bien sûr, les sujets choisis comme points importants varient. Par exemple, certains groupes pédagogiques déclarent que les points importants de leur curriculum seront la nature de la science, l'interaction des sciences et de la technologie et la prise de décision sur les questions STS. Peu importe le sujet choisi, le concept des points importants du curriculum peut être utilisé pour clarifier et décrire ce que nous appelons, un curriculum acceptable pour les années 90 en marche vers le 21e siècle.

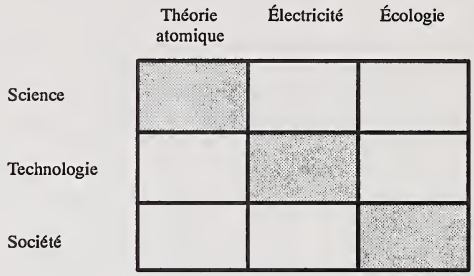

Figure 2. Relier les points importants du curriculum aux sujets d'études.

À la figure 3, la science, la technologie et la société ont été reliées à des unités d'études particulières. Bien que, en théorie, chaque unité d'études d'un programme en sciences puisse être conçue pour mettre l'accent sur certains buts du programme, il semble souvent y avoir un point important qui s'adapte mieux à des unités particulières. Par exemple, la théorie atomique et la théorie acido-basique se prêteront plus à l'intégration d'idées sur la nature de la science plutôt que sur les questions STS. L'électricité semble bien s'adapter à la technologie, et l'écologie semble plus se prêter à une discussion sur les questions STS. Relier les unités d'études à un point important d'un ou de plusieurs objectifs du programme n'est pas toujours facile, mais se servir des points importants pour atteindre les buts du curriculum semble être une approche logique et systématique vers l'atteinte de tous les buts de l'enseignement des sciences.

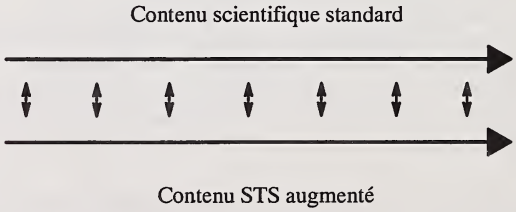

Figure 3. Courants parallèles du contenu scientifique standard et du contenu STS augmenté.

Pour un programme en sciences, une connaissance scientifique standard continuera à dominer le contenu de l'unité d'études; le niveau du contenu STS variera selon les objectifs généraux du cours. Les points importants indiquent quels objectifs (messages explicites ou implicites) devraient être accentués dans l'unité d'études, mais cela n'empêche pas l'atteinte d'autres objectifs. Par exemple, les objectifs technologiques de niveau inférieur tels que les applications technologiques, peuvent être présentés dans une unité sur la théorie atomique qui met l'accent sur la nature de la science. L'électricité peut mettre l'accent sur la technologie mais aussi rejoindre les attentes de l'élève concernant les habiletés scientifiques et les effets de la technologie sur la société. En bref, les points importants du curriculum n'excluent pas la réalisation d'autres genres de buts. Ils permettent de concentrer l'effort sur un objectif en particulier dans une unité d'études particulière. L'objet de cette stratégie est d'atteindre de façon systématique, tous les buts établis par l'enseignement des sciences. Bien qu'il y ait, en général, plus de trois buts exprimés dans les déclarations de principes pour l'enseignement des sciences, ces buts peuvent être, pour simplifier les choses, incorporés dans trois catégories – la science, la technologie et la société.

Les points importants du programme de sciences

Si on utilisait un modèle à trois dimensions pour décrire un curriculum, les points importants seraient une des dimensions, l'apprentissage fondamental (KSA) en serait une deuxième, et les sujets d'études, une troisième. Dans ce modèle, chaque point important du curriculum croise les éléments de l'apprentissage fondamental – la connaissance, les habiletés et les attitudes (voir figure 4). Dans le but de décrire l'enseignement des sciences STS dans cette monographie, on a classifié les points importants du curriculum dans trois catégories : la science, la technologie et la société.

	APPRENTISSAGE FONDAMENTAL		
POINTS IMPORTANTS	Connaissances	Habiletés	Attitudes
Science			
Technologie			
Société			

Figure 4. Intersection de l'apprentissage fondamental et des points importants du curriculum.

Les buts de l'éducation et les objectifs spécifiques de l'enseignement des sciences peuvent être abordés à chaque point important du curriculum STS. Par exemple, un programme de sciences peut comporter certains ou tous les éléments suivants : 1) la connaissance scientifique, 2) les habiletés de la démarche scientifique, 3) les attitudes et valeurs scientifiques, 4) la résolution de problèmes scientifiques, 5) la nature de la science. La profondeur et l'ampleur avec lesquelles on abordera les points importants du curriculum dépendront du niveau scolaire et de la compétence des élèves. À l'école élémentaire, les compétences méthodologiques telles que faire des observations et les communiquer, peuvent être accentuées en même temps que l'enseignant décrit des attitudes scientifiques acceptées de façon générale. À l'école secondaire premier cycle, les habiletés de la démarche scientifique d'un niveau moyen telles que l'analyse et la mise en pratique, peuvent être accentuées en même temps que l'enseignant, en dirigeant la discussion, illustre et souligne les attitudes scientifiques et les habiletés à résoudre les problèmes. Les points importants d'un programme de sciences au niveau secondaire demanderont normalement plus de travail individuel de la part de l'élève qui prendra la terminologie

scientifique de l'enseignant comme modèle. Au secondaire, les compétences de départ et la méthode de pensée déjà apprises seront renforcées et élargies pour incorporer une accentuation de l'analyse, de l'évaluation et de la synthèse. Il semblerait aussi adéquat pour les élèves du secondaire d'apprendre d'après des exemples et modèles donnés par l'enseignant tels que les concepts divergents des théories de Francis Bacon, Karl Popper et Thomas Kuhn, plusieurs possibilités d'interprétation de la nature de la science. Ainsi, les points importants d'un programme de sciences devraient, idéalement, refléter un continuum de l'élémentaire au secondaire, allant jusqu'aux institutions postsecondaires.

Si, comme le souligne Roberts (1982), les points importants du curriculum doivent transmettre une série cohérente de messages explicites et implicites sur la science, cette série de messages ne sera complète que lorsque l'élève aura assimilé les points importants du programme de sciences et traité de façon explicite la nature de la science (voir l'élément 5 ci-dessous). Les points importants d'un programme de sciences mettent en jeu des courants parallèles de connaissances, des habiletés et des attitudes qui seront d'un niveau plus avancé au fur et à mesure que la maturité intellectuelle de l'élève s'affermit. À tout moment de l'éducation de l'élève, certaines des combinaisons des éléments suivants pris parmi les points importants du curriculum, peuvent être transmises à la fois de façon implicite et explicite.

De même que lorsqu'on met l'accent sur un seul but du curriculum, on n'exclut pas les autres; lorsqu'on met l'accent sur un des points importants du curriculum, on n'exclut pas la présentation des autres éléments. Les concepts des points importants STS et du curriculum ont été créés par ceux qui tiennent à ce que l'enseignement des sciences soit large et équilibré.

Éléments des points importants d'un programme de sciences

1. Connaissance scientifique
2. Habiletés de la démarche scientifique
3. Attitudes scientifiques
4. Résolutions de problèmes scientifiques
5. Nature de la science

1. Connaissance scientifique

La connaissance scientifique comprend les *concepts et les descriptions* que les chercheurs du milieu scientifique ont développé pour représenter des phénomènes naturels. Les concepts scientifiques comprennent des théories, des lois, des généralisations et des définitions, par exemple, les théories atomiques, la loi de Newton, les généralisations sur l'arrivée de l'homo sapiens et une définition d'Arrhenius concernant les acides. Les descriptions peuvent être directes ou indirectes. Les descriptions directes sont celles qui proviennent d'observations de phénomènes, alors que les descriptions indirectes sont les produits de la mise en pratique d'un concept. Par exemple, l'oxygène (dans des conditions normales), peut être directement décrit comme étant un gaz incolore nécessaire à la combustion et à la respiration. Selon la théorie moléculaire de Lewis, l'oxygène peut être indirectement décrit comme étant composé de molécules diatomiques ayant quatre paires solitaires d'électrons et une double liaison covalente non polaire. La description directe de l'oxygène est empirique (observable) alors que la description indirecte est théorique (non observable).

Les concepts et les définitions scientifiques (tout comme les descriptions) peuvent aussi être classifiés par éléments empiriques ou théoriques. Les lois scientifiques (comme les lois de Newton)

sont du domaine empirique alors que les théories scientifiques (comme les théories acido-basiques) sont du domaine théorique, c'est-à-dire basées sur des processus et entités non observables. Les définitions peuvent être soit empiriques (opérationnelles) ou théoriques (conceptuelles). Par exemple, un acide, vu d'un aspect empirique, est une substance qui fait passer le papier tournesol du rouge au bleu, alors que, vu d'un aspect théorique, un acide est une substance qui s'ionise dans l'eau pour produire des ions d'hydrogène. La classification de la connaissance scientifique, que ce soit empirique ou théorique, ne sert pas seulement à représenter la nature de la connaissance scientifique, mais peut aussi être utile aux enseignants pour organiser la présentation de la connaissance scientifique de façon métacognitive. Nadeau et Désautels (1984) et l'Association américaine pour l'avancement de l'enseignement des sciences (1989) demandent aux enseignants de réfléchir sur la nature de la connaissance scientifique et d'amener les élèves à se demander dans quelle mesure le monde scientifique accepte la connaissance scientifique.

La connaissance scientifique continuera à être, sans doute, la partie la plus importante de tout programme de sciences. Les curricula sont généralement élaborés en termes de concepts scientifiques plutôt que de descriptions, mais on demande plus souvent aux élèves d'utiliser ces concepts pour produire des descriptions. En gardant cela à l'esprit, il devient évident que les enseignants (et les élèves) doivent en arriver à une meilleure compréhension de la nature de la connaissance scientifique.

«La science, en tant que connaissance, est une construction intellectuelle et, ce que nous appelons les lois de la nature, ne sont que le résultat de l'activité humaine. La nature par elle-même n'a pas de lois, mais on peut décrire et prévoir son comportement en nous basant sur les lois et théories formulées par les scientifiques.»

Nadeau et Désautels (1984 : 19)

2. Habiletés de la démarche scientifique

Lorsqu'on met l'accent, dans une unité d'études particulière, sur l'habileté de la démarche scientifique, on fournit aux élèves des activités qui leur permettent d'apprendre et de mettre en pratique ces démarches et habiletés. Normalement, les habiletés de la démarche sont définies comme faisant partie du travail de laboratoire ou du moins du travail de recherche à l'extérieur de la salle de classe. Il se peut que les démarches comprennent différents éléments comme formuler un problème, concevoir un projet expérimental, faire une prédiction, écrire une procédure, rassembler et analyser les évidences, et évaluer la prédiction, le concept scientifique (ou l'hypothèse) et le projet expérimental. Les habiletés de la démarche comprennent une série d'éléments dont se servent les scientifiques pour résoudre des problèmes scientifiques. Les habiletés de la démarche scientifique qui sont les plus enseignées en Alberta sont énumérées dans la déclaration de principe de Galbraith, intitulée **Science Process Skills** (1983) et préparée par le comité coordinateur du programme de sciences d'Alberta Education.

Habiletés de la démarche scientifique

1. **Questionner** (identifier les questions et cerner les problèmes)
2. **Proposer des idées** (faire des hypothèses ou des prédictions)
3. **Concevoir des expériences** (identifier et contrôler des variables et déterminer le processus)
4. **Observer et mesurer** (rassembler les évidences)
5. **Traiter les évidences** (classifier, organiser et montrer les évidences)
6. **Interpréter les évidences** (déduire et créer des modèles)

La déclaration de principe **Science Process Skills** voulait passer en revue les différents répertoires d'habiletés de démarche et préparer un cadre qui pourrait être utilisé, de l'élémentaire au secondaire, pour intégrer l'approche des habiletés individuelles à l'approche de l'enquête globale. Le résultat est le modèle du processus d'enquête présenté à la figure 5.

Le fait de mettre l'accent sur les habiletés de la démarche dans les cours de sciences est ancré dans la tradition albertaine.

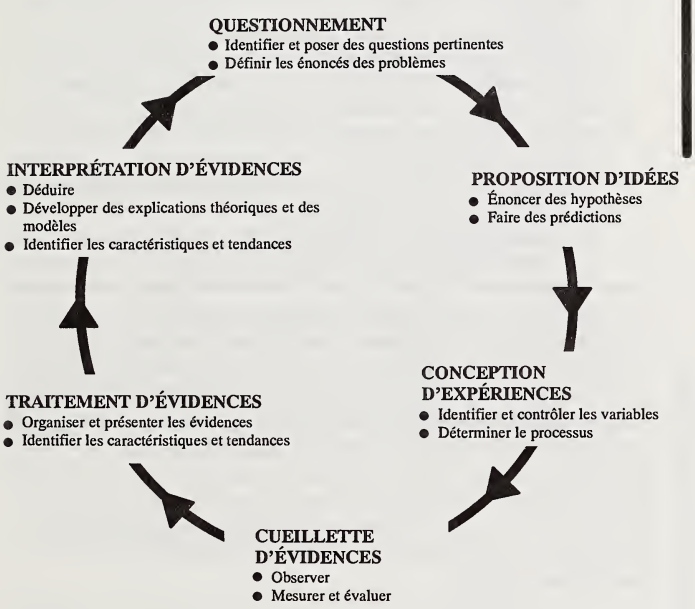

Figure 5. Modèle du processus d'enquête

Comme n'importe quel autre modèle, ce modèle du processus d'enquête n'est qu'une représentation limitée du «vrai» processus d'enquête. Le modèle cyclique utilisé ici est d'un niveau supérieur au modèle linéaire mais est encore trop linéaire pour décrire un processus d'enquête.

Une attitude **scientifique** *est une prédisposition générale ou un état d'esprit. Les attitudes* **envers** *les sciences sont abordées dans cette monographie dans la section des points importants du programme de vie en société.*

3. Attitudes scientifiques

Le terme «attitudes» est défini, en éducation, de façon spécifique. Le document **Essential Concepts, Skills and Attitudes** d'Alberta Education, définit les attitudes comme étant «une prédisposition générale ou un état d'esprit». Dans l'enseignement des sciences, Nay et Kozlow (1976) ont dressé un inventaire des attitudes scientifiques ou prédispositions que l'on trouve ou devrait trouver chez les personnes travaillant dans le domaine scientifique.

Attitudes scientifiques

1. **Disposition critique** (rechercher la cohérence et mettre en question la validité des énoncés)
2. **Jugement en suspens** (reconnaître la nature limitée des concepts et des évidences scientifiques)
3. **Respect des évidences** (chercher les évidences par l'approche empirique)
4. **Honnêteté** (faire le compte-rendu de toutes les évidences et reconnaître le travail d'autrui)
5. **Objectivité** (mesurer les pour et les contre et tenir compte de toutes les évidences avancées)
6. **Volonté de changer** (modifier les hypothèses, interprétations, inférences et concepts)
7. **Ouverture d'esprit** (examiner les différentes possibilités lorsqu'on enquête sur un problème)
8. **Remise en question des attitudes** (poser beaucoup de questions : comment, qui, où, quand et pourquoi).

Les autres attitudes scientifiques comprennent la curiosité, l'appréciation de la beauté et de la complexité, et la confiance dans les aptitudes personnelles. Certaines de ces prédispositions se retrouvent dans différents types de travail (par exemple, l'honnêteté) mais certaines d'entre elles sont spécifiques au domaine scientifique (par exemple, le respect des évidences). Bien que certaines personnes semblent posséder naturellement certaines de ces prédispositions, la plupart des éducateurs croient qu'il est important de stimuler les attitudes scientifiques par l'intermédiaire du travail en laboratoire, en donnant des modèles et en favorisant les discussions en classe.

4. Résolution de problèmes scientifiques

Certains estiment que le trio connaissance, habiletés et attitudes devrait plutôt comprendre connaissance, résolution de problèmes et attitudes. Ils ont pour argument que la résolution de problèmes scientifiques subsume les processus scientifiques qui, à leur tour, subsument les habiletés scientifiques.

Cette monographie comprend des sections sur la résolution de problèmes scientifiques, de problèmes technologiques et de prises de décisions sociétales. Les trois approches reliées à la résolution de problèmes sont quelque peu différentes parce que leurs buts diffèrent. La résolution de problèmes scientifiques cherche des explications aux phénomènes naturels, la résolution de problèmes technologiques s'efforce de développer des mécanismes ou processus pratiques, et la prise de décisions sociétales s'occupe de trouver la bonne solution à une question particulière. Certains éducateurs préconisent un modèle générique de résolution de problèmes, basé sur les éléments communs aux différentes approches.

Le niveau d'habileté de la démarche d'un élève doit augmenter progressivement au cours des années d'apprentissage des sciences. À l'élémentaire, l'enseignant établit un modèle d'habiletés pour ses élèves, mais au secondaire, les élèves devraient commencer à utiliser ces habiletés de façon plus indépendante. Le niveau de dépendance de l'élève vis-à-vis de l'enseignant devrait diminuer après chaque année d'éducation en sciences. Aux niveaux supérieurs, les habiletés de la démarche nécessaires à la résolution de problèmes scientifiques en laboratoire ou à l'extérieur devraient, dans une certaine mesure, mettre davantage l'accent sur des processus cognitifs plus avancés tels que l'analyse, l'évaluation et la synthèse. Les élèves devraient être en mesure de rédiger seuls des énoncés de problèmes, d'élaborer des expériences et des procédures, et de décider du genre d'évidences nécessaires pour pouvoir résoudre le problème.

Avec les années, les élèves devraient comprendre le but du travail scientifique. Par exemple, ils devraient se rendre compte que le travail qu'ils effectuent en laboratoire a pour but de tester les concepts scientifiques (ou leurs propres hypothèses) dont on se sert pour établir des prédictions. Il est crucial de comprendre la relation qui existe entre le concept testé et la prédiction, entre l'évidence et la réponse expérimentale au problème, pour comprendre la nature de la science et de la connaissance scientifique. L'expérience en classe montre que, souvent, les élèves confondent l'évidence avec les prédictions, ou les hypothèses avec les prédictions. Il se peut qu'une des causes des difficultés de l'élève soit le niveau d'abstraction qu'exige le travail. En général, les élèves, à tous les niveaux scolaires, ont besoin, pour comprendre l'abstrait, de commencer d'abord par des expériences concrètes, puis de passer (au moment approprié) à l'abstrait. Ce problème peut aussi s'expliquer par le fait du manque d'expérience des élèves à résoudre des problèmes scientifiques en laboratoire et du manque de discussion à propos du but du travail scientifique. Une discussion du but du travail scientifique ajoute la nature de la science aux points importants d'un programme de sciences.

«Une théorie est bonne lorsqu'elle remplit deux exigences : elle doit décrire de façon exacte une grande catégorie d'observations basées sur un [simple] modèle. ... et elle doit faire des prédictions précises quant aux résultats d'observations futures.»

Stephen W. Hawking
(1988 : 9)

5. La nature de la science

Enseigner la nature de la science ne consiste pas seulement à enseigner et à mettre en pratique le processus et les habiletés associés avec la science, ni à seulement développer les attitudes scientifiques. Cela consiste aussi à enseigner les concepts que les philosophes du domaine des sciences ont développé pour décrire la nature et les origines de l'effort scientifique, les limites et la nature de la connaissance scientifique. Enseigner la nature de la science comprend l'enseignement des concepts (ou du moins des habiletés et des attitudes) que les philosophes des sciences ont accepté comme garantie de la connaissance.

Trois points de vue sur la nature de la science souvent mentionnés, sont ceux de Francis Bacon (début du 17e siècle), Karl Popper (dans les années 30) et Thomas Kuhn (dans les années 60). On peut facilement résumer le concept de Bacon sur l'initiative scientifique comme étant un raisonnement inductif. La description inductive de Bacon suggère, tout simplement, que la science consiste en une synthèse de généralisations à partir d'observations systématiques, c'est-à-dire du raisonnement spécifique au raisonnement général. Ce point de vue sur la science domine encore de nos jours dans beaucoup de manuels. En tant que point de vue simple sur la science, le concept de Bacon est encore utile lorsqu'il est appliqué dans un contexte approprié, autant que l'est le concept de John Dalton sur l'atome (1805). En fait, le concept de Bacon représente ce que l'on appelle la *méthode scientifique*. La méthode scientifique décrivait de façon appropriée ce qu'était la science (ou ce qu'elle devenait) du temps de Bacon. C'est une approche que les élèves en sciences et les scientifiques peuvent utiliser pour commencer un nouveau champ d'études. En procédant par induction, on établit une base de concepts à partir de l'expérience et de l'expérimentation.

Le concept de Popper s'explique de lui-même par les termes *vérification, falsification et mise à l'essai*. On peut mettre un concept à l'essai en avançant une prédiction, et en rassemblant des évidences pour éprouver la prédiction et évaluer le concept et la prédiction. Si la prédiction est vérifiée, le concept scientifique est alors accepté. Cependant, même si seulement un élément de la prédiction est réfuté (et si l'expérimentation est reproduite par des scientifiques renommés), le concept est alors rejeté et doit être restreint, révisé ou remplacé. Le point de vue de Popper sur la science est que le but de la science est d'éprouver et de défier constamment ses propres connaissances. Pour un scientifique, une des façons de devenir célèbre est de concevoir une expérimentation qui rejettera un concept scientifique accepté jusqu'à ce jour. C'est pourquoi, nombreux sont ceux qui pensent que la connaissance scientifique est la connaissance la plus fidèle que l'on puisse trouver. Cependant, il existe d'autres points de vue dont les enseignants et les élèves devraient avoir conscience durant leurs études en sciences.

«Un concept scientifique tiré des [manuels de sciences] n'a pas plus de chance de correspondre à l'initiative [scientifique] qui les produit, que l'image de la culture d'un pays trouvée dans un dépliant touristique ...»

Thomas Kuhn (1970 : 1)

Lire **The Structure of Scientific Revolution**s de Thomas Kuhn (1970) n'est pas chose facile. Cependant, les concepts et les descriptions de Kuhn sur la nature de la science sont très importants puisqu'ils sont les témoins de l'acceptation générale de ces idées, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du monde scientifique. Malgré le scepticisme exprimé par Kuhn dans la citation ci-contre, nombreux sont les éducateurs en sciences qui croient qu'il est possible de donner à l'élève une vue plus réaliste de la nature de la science. Les idées que Kuhn a véhiculées pour décrire, de façon plus réaliste, la tentative scientifique, sont résumées ci-après. Ces idées ont été développées grâce à la recherche approfondie et méticuleuse de Kuhn sur l'histoire de la pensée scientifique.

Les idées de Thomas Kuhn

1. Les idées scientifiques sont acceptées avec le consensus des savants du milieu scientifique et pas seulement pour des raisons pouvant être définies comme étant rationnelles (par exemple, la pression à la conformité et le contexte social influencent l'acceptation de la connaissance).
2. Il existe dans l'histoire de la science, des périodes prédominées par la science normale ou par la science révolutionnaire. De longues périodes de science normale, durant lesquelles on rassemble des éléments d'appui et augmente la certitude des concepts du moment, sont suivies, à des intervalles réguliers, par des périodes de confusion où la science révolutionnaire s'impose en présentant un nouveau mode de pensée sur le monde, qui sied au moment présent.
3. Les produits et le processus de la connaissance appelés *paradigmes*, sont utilisés par le monde scientifique pour représenter la base de la connaissance qui est communiquée aux jeunes savants du domaine. Cette base est généralement bien articulée et communiquée dans les cours et les manuels de sciences.

Au fur et à mesure que l'élève progressera dans sa scolarité, la présentation explicite et croissante de la nature de la science lui fournira les moyens de comprendre le travail scientifique. Si l'élève peut comprendre les principes sous-jacents du travail scientifique, il sera mieux préparé pour comprendre le rôle que la science peut jouer dans notre société et se rendre compte de ses limitations à résoudre nos problèmes. L'attitude «ne t'en fais pas, sois heureux, la science et la technologie peuvent résoudre tous nos problèmes», se reflète dans les expressions suivantes : corrections technologiques et corrections technico-scientifiques. On peut discuter de cette attitude sociétale et des problèmes qui en découlent dans une unité d'études qui met l'accent sur la nature de la science, ou dans une unité qui met l'accent sur les questions STS, mais il faut absolument en discuter dans les classes de sciences. On ne doit pas et on ne devrait pas aborder cette question seulement pendant les cours d'études sociales. Ce n'est que dans un contexte scientifique que l'élève pourra comprendre et apprécier la nature de l'initiative scientifique. Une société scientifique instruite doit comprendre les interactions de la science, de la technologie et de la société et adopter ces interactions d'une manière avisée. Pour comprendre la nature de la science et les interactions STS, il est nécessaire d'intégrer d'une manière systématique, progressive et à long terme, les points importants du curriculum STS dans le programme d'études des sciences.

«[Les enseignants] véhiculent un concept de la science au moment même où ils pensent qu'ils ne font que transmettre une connaissance acceptée. ... L'épistémologie est l'analyse d'idées acceptées sur ce qu'on appelle science et peut donner à ceux qui ont l'esprit scientifique, l'occasion de réfléchir sur la valeur et sur la légitimité de l'image de la science qu'ils représentent.»

Nadeau et Désautels (1984 : 12, 15)

À cause de l'ignorance des gens et de ceux qui élaborent les politiques concernant la nature de la science et de la technologie, et leur ignorance par rapport aux différences qui existent entre elles, on voit surgir le problème secondaire qui consiste à mélanger les buts de la science avec ceux de la technologie. Il en résulte que l'aide financière accordée au travail scientifique a été de plus en plus basée sur l'économie et sur les retombées technologiques prévues. Le

milieu scientifique canadien est devenu de plus en plus frustré par la définition que doit suivre le travail scientifique pour être digne de recevoir des fonds. Récemment, John Polanyi, prix Nobel de 1986, a essayé d'éduquer le public et ceux qui élaborent les politiques, sur les critères utilitaires qu'on a imposés au travail scientifique comme conditions à toute aide financière. Bien qu'il soit extrême et idéaliste de considérer la recherche scientifique comme étant la recherche d'une connaissance pure, ceux qui élaborent les politiques et ceux qui distribuent les fonds de recherche accentuent de plus en plus le côté utilitaire de la recherche scientifique. La place de l'enseignement des sciences dans ce débat est d'éduquer les élèves sur la nature de la science et de la technologie, et sur leur interaction. Les élèves doivent se rendre compte de l'impact énorme qu'ont la science et la technologie sur la société, mais en même temps, ils doivent être conscients des rôles et des limites de la science et de la technologie dans la résolution des problèmes STS.

6. Résumé

Les points importants d'un programme de sciences sont généralement rattachés à un sujet à contenu scientifique qui comprend un certain nombre de concepts empiriques et théoriques. L'évolution des concepts empiriques et des concepts théoriques doivent pouvoir être facilement remarquées et analysées dans le domaine choisi, par exemple, les lois périodiques et les théories atomiques, les propriétés et les théories de la lumière ou l'hérédité et l'ADN. Dans chaque chapitre ou unité d'études d'un cours de sciences, on accorde une grande importance à la connaissance scientifique conceptuelle et à la connaissance descriptive. Ce qui reste d'une unité à contenu majoritairement scientifique, seront les habiletés de la démarche scientifique, la résolution de problèmes scientifiques, les attitudes et les valeurs scientifiques et/ou la nature de la science. À un degré moindre, tous ces éléments du curriculum se retrouvent dans toutes les unités d'études, mais lorsque la science est l'aspect le plus important d'un curriculum, ils prennent une plus grande ampleur. Dans une unité d'études à contenu scientifique, la connaissance technologique et la connaissance sociétale peuvent parfois fournir matière à discussion mais ne constitueront probablement qu'une petite partie du contenu global.

«Lorsqu'on discute d'une décision controversée, les connaissances techniques et scientifiques sont mal utilisées plus souvent qu'elles ne sont ignorées. ... Bien penser une stratégie de résolution de problèmes serait d'éviter l'utilisation abusive de la science. Il est possible que les abus surgissent ou qu'ils passent inaperçus à cause d'une mauvaise compréhension des caractéristiques et des limites de la science et de la technologie.»

Glen Aikenhead (1985 : 463)

Les points importants d'un programme de sciences dans un cours de sciences requièrent la présentation d'un ou de plusieurs domaines qui dépeignent, de façon parallèle, l'initiative scientifique (par exemple, la résolution de problèmes scientifiques et la nature de la science), la connaissance standard, les habiletés et les attitudes que l'on retrouvent normalement dans une unité d'études. Les points importants d'un curriculum n'empêchent pas d'enseigner le contenu stantard; ils présentent une manière systématique de traiter la multiplicité des buts et des objectifs qui sont souvent énumérés mais qui ne sont pas atteints dans un programme d'études. Autant que les concepts et les descriptions standard sont traités de façon systématique à l'aide d'une approche logique et étendue, les objectifs augmentés du curriculum STS peuvent être traités de façon systématique en utilisant, dans chaque unité d'études, les points importants d'un curriculum équivalent.

Les points importants d'un programme de technologie

Le concept des points importants d'un programme de technologie dans un cours de sciences doit être justifié. On peut se demander pourquoi inclure la technologie dans, par exemple, un cours de physique ou de biologie donné par un professeur de sciences dans un département de sciences. D'un autre côté, certains éducateurs affirment que la physique et la biologie devraient être les catégories primaires, et non les sciences; la science et la technologie sont toutes deux, des sujets secondaires (voir figure 6).

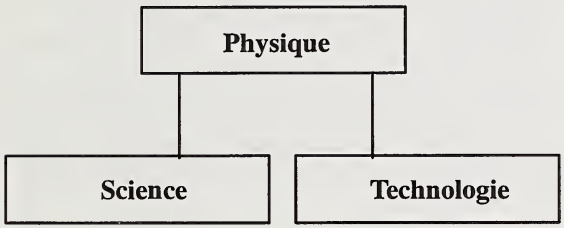

Figure 6. La physique classifiée comme science et technologie.

Même si nous acceptons ce point de vue, le consensus en ce moment, est que le contenu de tout cours de sciences et, en particulier, des cours orientés principalement vers les sciences, devrait être en majorité scientifique avec seulement une petite partie de technologie. Lorsque l'on parle de quantité, les changements apportés à un programme de sciences en mettant l'accent, dans certaines unités d'études, sur les points technologiques importants, sont minimes; lorsque l'on parle de qualité, les changements sont majeurs et fondamentaux.

Il est non seulement important de comprendre la différence qui existe entre la science et la technologie pour étudier les sciences, mais aussi pour comprendre toute question STS à laquelle nous sommes confrontés. De plus en plus, les questions qui se posent aux habitants des pays développés sont d'aspect technologique. Parmi ceux qui étudient de près notre façon de vivre, il y a ceux qui croient que la technologie est le principal facteur qui modèle notre façon de penser et d'agir. Par exemple, Jacques Ellul, philosophe français, affirme que «le phénomène technologique» s'est développé depuis qu'il est devenu, après le dix-huitième siècle, une force réelle. Ellul (1981) suggère que les civilisations ont progressé à travers trois milieux successifs : le milieu naturel, la société et, maintenant, le milieu technologique. Pour Ellul, la technologie est devenue à la fois un environnement et un système, un élément à part entière de notre vie ou style de vie.

«Dans chaque énoncé VoSTS où l'on devait, afin de bien y répondre, faire la différence entre la science et la technologie, les étudiants échouaient en masse. On traitait la science et la technologie comme une seule unité - la technoscience - qui affectait notre société. Les étudiants ne se servaient pas des définitions formelles du rôle de chaque secteur.»

Reg Fleming (1987 : 184)

Des évidences montrent que la plupart de nos élèves en sciences se retrouvent dans des professions reliées plus à la technologie qu'à la science pure (même plus, si on inclut les professions du domaine des affaires, de l'industrie et du travail à domicile qui ont toutes un aspect technologique en soi). On peut aussi suggéré qu'en général, les élèves et les adultes ne comprennent pas la différence qui existe entre la science et la technologie. Un questionnaire (Fleming 1987) élaboré par une université de la province de Saskatchewan qui interrogeait des étudiants sur la méthode **Views on Science-Technology-Society (VoSTS)**, a révélé que les étudiants ne faisaient pas de différence entre science et technologie et qu'ils donnaient à l'une les attributs de l'autre.

La conclusion que l'on semble pouvoir en tirer est que l'étude de la technologie devrait être un sujet obligatoire. Le problème est que la plupart d'entre nous, à cause de notre scolarité, sommes mal informés sur la nature de la technologie et sur les différences et les interactions fondamentales qui existent entre la science et la technologie. Même une fois informés, nous devons décider du niveau et de l'ordre dans lequel nous enseignerons la technologie à chaque niveau scolaire. Par exemple, quelles images de la technologie devraient être présentées à un élève de 7e année ou un élève de 12e année?

«L'enseignement actuel des sciences équipe très mal l'ingénieur et le technologue en herbe. ... L'élève type termine son secondaire avec une vue déformée de la science et pour ainsi dire sans concept du génie et de la technologie. Et pourtant, il s'agit de sa préparation au 21e siècle, qui n'est même pas appropriée au 20e siècle!»

Donald A. George (1981 : 15,22)

Un projet de concertation supervisé par Alberta Education (Popowich et al. 1984) a suggéré des lignes directrices pour «l'intégration de la technologie dans le programme de sciences de l'Alberta». Ce projet exigeait un enseignement de la science et de la technologie «pour que les futurs adultes deviennent plus aptes à traiter avec la science et la technologie dans notre monde moderne (et le leur)». Les moyens suggérés pour inclure les éléments technologiques dans le programme de sciences, mettaient l'accent sur une approche systématique et intégrée. Les moyens préconisés à ce jour par Alberta Education pour intégrer de façon systématique la technologie dans le programme de sciences, comprennent l'utilisation des points importants du curriculum et des points STS.

On devrait intégrer dans le programme de sciences, de façon systématique, sept dimensions de la connaissance technologique, et les appeler les points technologiques importants du curriculum.

Points importants d'un programme de technologie

1. Connaissance technologique
2. Habiletés technologiques
3. Résolution de problèmes et conception technologiques
4. Attitudes technologiques
5. Technologie dans la science
6. Technologie dans la société
7. Nature de la technologie

Les points importants d'un programme de technologie énumérés ci-dessus peuvent aller en paire ou être combinés aux unités d'études d'un cours de sciences, de n'importe quelle façon et à n'importe quel niveau. Aux premiers niveaux scolaires ou lorsqu'on présente un nouveau sujet aux niveaux supérieurs, on peut restreindre le côté technologique en quantité et en importance. On devra cependant profiter des occasions qui se présentent à tous les niveaux. Par exemple, l'évolution et la description du microscope (en tant qu'instrument technologique) font souvent partie du curriculum au premier cycle du niveau secondaire. L'étape suivante serait de présenter les habiletés technologiques qu'il est nécessaire d'avoir pour faire fonctionner le microscope. On pourra, ensuite, se servir du microscope pour résoudre un problème technologique. À un niveau supérieur, on continuera à étudier l'évolution du concept de la microscopie en y incorporant une étude de cas sur l'évolution et l'utilisation du microscope électronique. La contribution du microscope électronique à la science pure et à la société, ou au deux, peut être simplement mentionnée en classe ou être élargie en étudiant les effets réciproques et considérables qu'a eu cette technologie sur, à la fois, la science et la société. À un niveau encore plus supérieur, peut-être au niveau universitaire, ce que nous voyons dans un microscope électronique peut être débattu d'un point de vue philosophique. Ce que nous voulons dire est que le microscope peut servir de point de départ d'étude des points importants d'un programme de technologie touchant plus particulièrement aux applications technologiques, aux habiletés, à la résolution de problèmes, à la conception technologique ou à l'interaction entre la science et la société, ou les deux. Cette possibilité existe pour la plupart des technologies utilisées ou étudiées dans les cours de sciences. Les enseignants, ceux qui écrivent les manuels et ceux qui élaborent les curricula, peuvent profiter de ces occasions pour intégrer le concept de la technologie dans le programme de sciences d'une façon systématique et évolutive. Chacun des éléments décrits ci-après, peut faire partie des points importants d'un curriculum de technologie.

«Non seulement on devrait tous être pourvus d'une partie de connaissance scientifique et technologique pour que notre vie ait un sens dans une société en évolution constante, mais on devrait initier à la technologie les non-technologues impliqués, à des niveaux différents, dans l'élaboration des politiques et dans les prises de décisions.»

UNESCO 1981 Congrès sur l'enseignement des sciences et de la technologie

(Note dans le projet Popowich et al. 1984 : 5, Integration of Technology in the Alberta Science Curriculum – A Proposal)

1. Connaissance technologique

Dans une unité d'études qui met l'accent sur la technologie, la connaissance est généralement basée sur les concepts et les descriptions. La connaissance conceptuelle comprend des produits et des procédés technologiques aussi bien que des concepts sur la nature de la technologie. Par exemple, le bicarbonate de soude et les voitures sont des produits technologiques, alors que le procédé Solvay qui produit le bicarbonate de soude, et la chaîne d'assemblage pour les voitures, sont des procédés. Dans les manuels des années 50, les concepts technologiques et les descriptions se rencontraient souvent et les descriptions devaient souvent être mémorisées, par exemple, le haut fourneau. Dans les manuels STS des années 80, les concepts technologiques et les descriptions servent généralement de base à des questions sur la technologie ou à des études de cas. On met maintenant l'accent sur la nature de la technologie, les comparaisons entre la science et la technologie, leur interaction entre elles, et sur la conception technologique et la résolution de problèmes. Cette nouvelle orientation vis-à-vis de la technologie demande sans doute du temps à ceux qui conçoivent les curricula, aux auteurs et aux enseignants, pour développer le niveau du programme et l'ordre avec lequel il sera enseigné selon le niveau scolaire.

Les sous-concepts présentés dans les curricula par le biais d'études de cas technologiques, comprennent souvent les données d'entrée et de sortie, les boucles de rétroaction, et aussi le matériel brut, les produits primaires et les sous-produits. Les études de cas peuvent aussi servir à présenter ces termes et concepts sans mettre d'accent sur la mémorisation de la nature complexe des produits ou des procédés technologiques. L'accent est mis, à la place, sur le langage et les concepts généralisés qui peuvent s'appliquer à de nombreux autres systèmes technologiques. Avec la technologie qui évolue de façon si rapide, les concepts généraux sont virtuellement plus importants que les détails spécifiques de la technologie. Ces concepts généraux peuvent aussi être appliqués lorsqu'on met l'accent sur la conception technologique, que ce soit sur l'aspect critique de la conception ou sur son aspect créatif.

James Rutherford de l'Association américaine pour l'avancement des sciences (AAAS) et du projet 2061 de la Fondation nationale des sciences (NSF) suggère en 1988, que dans les écoles, en vue du 21e siècle, on mette l'accent sur les concepts suivants.

Concepts technologiques

1. Comprendre la nature de la dépendance de la science par rapport à la technologie, de la technologie par rapport à la science, et comprendre la productivité de cette association.
2. Prendre conscience que le développement de la technologie découle des besoins sociétaux et que la technologie, en retour, façonne la société.

3. Reconnaître que la technologie, par sa nature même, est une activité complexe qui comprend l'invention, la technique, la science, les mathématiques, l'économie et les valeurs.
4. Comprendre les concepts tels que le profit, le risque, le coût (monétaire, social, écologique), les effets secondaires et les concessions mutuelles.

L'incorporation de ces concepts sur la technologie est un projet à long terme; cela est souligné dans le titre du Projet 2061 qui choisit l'an 2061 (l'année du retour de la comète Halley). Les concepts sont décrits plus en détail dans la section qui suit.

2. Habiletés technologiques

L'introduction des habiletés technologiques dans le curriculum se prête bien à tous les niveaux où l'on enseigne les sciences. Les habiletés technologiques (par opposition aux habiletés de la démarche) peuvent être définies comme étant les habiletés qu'il est nécessaire de posséder pour opérer une technologie, par exemple, une balance de laboratoire, un microscope ou un multimètre. Les habiletés technologiques ont souvent été subsumées par les éléments d'habiletés psychomotrices ou manipulatrices que l'on retrouve dans un modèle type de curriculum. En séparant les habiletés technologiques des habiletés scientifiques, même si la distinction semble arbitraire, on montre l'interdépendance qui existe entre la science et la technologie. Non seulement les habiletés technologiques sont importantes pour les scientifiques mais, de plus en plus, la recherche scientifique demande un travail d'équipe aux scientifiques, aux ingénieurs et aux technologues. On retrouve de plus en plus chez les scientifiques et non chez les technologues, les habiletés technologiques nécessaires pour faire de la recherche.

Pour organiser notre connaissance de la technologie, il est utile d'établir une séparation entre les habiletés technologiques et les habiletés de la démarche scientifique. Les habiletés de la démarche scientifique sont définies comme étant celles nécessaires à la résolution des problèmes technologiques. Bien qu'il y ait beaucoup de ressemblance entre les habiletés de la démarche technologique et les habiletés technologiques, il existe aussi des différences nettes. Certaines des ressemblances sont présentées ci-dessous dans la section Résolution de problèmes technologiques.

3. Résolution de problèmes technologiques

Pour atteindre les objectifs de chacune des dimensions de l'enseignement technologique, il est nécessaire de dresser un plan pour établir l'ampleur de chaque dimension et l'ordre dans lequel chaque dimension sera présentée selon le niveau scolaire. Par exemple, quelles sortes d'habiletés technologiques, d'habiletés de démarche technologique et de connaissance scientifique faut-il connaître pour que les élèves puissent résoudre un problème de conception qui leur est présenté? Jusqu'à quel degré faut-il que les

élèves comprennent le concept de la résolution de problèmes technologiques, avant de s'attaquer à la conception d'un produit technologique ou d'un procédé? Les réponses à ces questions dépendent du niveau scolaire et des compétences des élèves. Cependant, le processus est d'une certaine manière, développemental; les élèves qui n'ont pas d'expérience dans la résolution de problèmes technologiques sont désavantagés par rapport à ceux qui en ont. La différence essentielle qui existe entre la résolution de problèmes scientifiques et la résolution de problèmes technologiques est que les prédictions pour la résolution de problèmes scientifiques découlent en majorité de concepts scientifiques, tandis que les prédictions pour la résolution de problèmes technologiques découlent de l'expérience.

En classe, les expériences pour résoudre un problème technologique sont souvent faites durant le temps de laboratoire alloué par le curriculum. Les élèves acquièrent de l'expérience par les essais systématiques et les erreurs; la seconde partie de la prédiction, c'est-à-dire la procédure, l'évidence et l'analyse, est déterminée par l'expérience que l'élève aura acquise dans la partie des essais. Pour cette approche, il faut que les enseignant suivent une formation. En classe, en général, la résolution de problèmes scientifiques emploie, à tort ou à raison, une approche plus linéaire, à épreuve unique. On pourrait maintenir que le modèle de résolution de problèmes technologiques (par exemple l'essai systématique et les erreurs) peut plus facilement s'appliquer aux problèmes de tous les jours et même à la résolution de problèmes scientifiques réels, que le modèle de résolution de problèmes scientifiques standard utilisé dans les écoles.

La conception d'un pont à partir de bâtonnets de sucettes glacées, ou la conception d'une batterie à partir d'éléments de la vie de tous les jours, ou la conception d'un arbre fruitier capable de pousser en Alberta, sont des exemples de conception de produits technologiques. Chacun de ces problèmes de conception ont plusieurs réponses acceptables. On encourage la *créativité* car il n'est pas obligatoire d'avoir la même réponse; on encourage la *pensée critique* parce que chaque conception peut être évaluée, analysée et puis reconçue. Les erreurs sont plus facilement acceptables car on met ici l'accent sur le processus de résolution de problèmes plutôt que sur le produit final. En classe, par expérience, on remarque qu'une grande partie des élèves semble aimer les exercices de résolution de problèmes technologiques. La motivation est un facteur important lorsqu'il s'agit d'inclure ce genre d'expériences dans un cours de sciences.

Le modèle de résolution de problèmes technologiques proposé par Alberta Education comprend quatre grandes étapes. La démarche et les habiletés de démarche incorporées dans ces étapes dépendent du genre de problèmes rencontrés et du niveau scolaire des élèves.

Résolution de problèmes technologiques

1. **Comprendre le problème**
2. **Dresser un plan** (identifier les possibilités, planifier et concevoir)
3. **Suivre le plan** (tester la conception et chercher les erreurs)
4. **Évaluer** (évaluer la conception et le processus de planification)

L'attribut le plus significatif de la résolution de problèmes technologiques pour les élèves, est que le problème n'est pas délimité. D'habitude, il existe plusieurs solutions à un problème; il y a toujours un «meilleur piège à souris» à inventer.

Finalement, il est important d'arrêter de mettre l'accent sur les différences et même les ressemblances qui existent entre la résolution de problèmes scientifiques et technologiques, et de commencer à réunir les forces des deux approches. Avant de pouvoir effectuer cette intégration, nous devons comprendre, à la fois, la nature de la résolution de problèmes scientifiques et celle de la résolution de problèmes technologiques. Nous devons procurer aux élèves, de façon systématique, une vue d'ensemble et une suite logique des expériences du curriculum ayant trait à la résolution de différents problèmes, et ensuite, présenter une série de problèmes demandant aux élèves de relever, dans chacune des approches, des éléments de résolution de problèmes. Dans un monde où les problèmes deviennent de plus en plus complexes, nous nous devons de travailler pour atteindre ce but important de l'éducation. Ce qui fait du concept de la résolution de problèmes technologiques un point important de l'enseignement des sciences et de l'éducation en général, est le fait que ce concept augmente la pensée critique et créative et peut s'appliquer à d'autres sortes de problèmes.

4. Attitudes technologiques

À partir des expériences de résolution de problèmes technologiques, les élèves acquièrent les attitudes et les prédispositions pour agir d'une certaine manière lorsqu'ils sont confrontés à un problème technologique. Peut-être que les attitudes les plus significatives, sont la confiance et la persévérance que l'on développe lorsqu'on s'attaque à un problème et que l'on a l'occasion d'essayer et d'essayer de nouveau. Certaines des attitudes technologiques que l'on rencontre ou que l'on devrait rencontrer chez les ingénieurs, les techniciens et les inventeurs sont énumérées ci-dessous.

Attitudes technologiques

1. Faire preuve de **persévérance** face à l'échec.
2. Avoir **confiance** en ses propres capacités.
3. Avoir un **esprit critique**; c'est-à-dire évaluer toutes les solutions.
4. Faire preuve de **créativité**; c'est-à-dire trouver et mettre en application de nouvelles solutions.

5. Faire **confiance** aux solutions technologiques; c'est-à-dire que la technologie a la réponse.
6. **Reconnaître les autres possibilités de la technologie**; par exemple, les possibilités écologiques et esthétiques.

Il se peut que les attitudes technologiques soient un nouvel élément dans les priorités d'un programme de sciences, mais les attitudes énumérées ci-dessus ne sont pas nouvelles. Les professeurs de sciences ont depuis longtemps reconnu l'importance de ces attitudes et les ont illustrées par l'histoire d'Alexander Graham Bell, l'inventeur du téléphone et celle de Thomas Edison, l'inventeur de l'ampoule électrique. La différence maintenant est que les attitudes peuvent être présentées de *façon systématique* par le biais des points importants d'un programme technologique aussi bien que par ceux d'un programme de sciences. Les attitudes technologiques énumérées ci-dessus ont maintenant trouvé une autre place *explicite* dans le programme de sciences et sont une autre manière efficace d'atteindre ces objectifs d'attitudes.

5. La technologie dans les sciences

Les concepts de la science et de la technologie que l'on présente aux élèves dans un programme STS, ainsi que les expériences qui s'y rattachent, défient la vieille notion que l'on a de la technologie comme étant «une science appliquée». Pour aider à comprendre l'aspect scientifique, on pourra donner aux élèves des exemples de technologies pour leur montrer qu'il existe différentes sortes d'interactions entre la science et la technologie mais surtout pour leur confirmer que la technologie n'est pas seulement une science appliquée.

«De nombreuses inventions se développent indépendamment de la science. ... Certaines telles que la roue ont même, comme nous le savons, précédé la science. ... La science et la technologie sont symbiotiques, et il serait naïf de penser l'une en avance sur l'autre. ... La science et la technologie sont des associées.»

Craig N. Locatis (1988 : 3-4)

La relation qui existe entre la science et la technologie a évoluée au cours des années. Avant le 20e siècle, la plupart des technologies s'étaient développées indépendamment de la science, telle qu'on la connaît aujourd'hui. En fait, la science dépendait du progrès des technologies. Par exemple, l'invention de la pile a fait avancer les recherches sur la décomposition électrolytique de composés en éléments. L'explication scientifique de la pile n'est apparue que 100 ans après que Volta l'ait inventée. Au 20e siècle, la science et la technologie ont fait leur chemin de façon parallèle, avec en tête, parfois la science, parfois la technologie. Il arrive que la technologie se développe indépendamment de la science pure et parfois, le développement de la technologie dépend de vieux ou de nouveaux concepts scientifiques. Par exemple, le progrès technologique récent des supraconducteurs de céramique dépasse de beaucoup toute théorie moderne qui explique ou prédit la supraconductivité de haute température. Le va-et-vient comme chef de file, entre la science et la technologie, fait de la relation qui existe entre les deux parties, une relation saine et avantageuse pour toutes deux.

La science ne peut pas fonctionner aujourd'hui, sans toute une gamme de produits technologiques et de procédés. En fait, on a dû attendre le développement de la technologie pour que certains progrès scientifiques puissent tester les prédictions avancées par de nouveaux concepts scientifiques. Par exemple, l'évidence de l'existence de particules lourdes W, a dû attendre jusqu'à ce qu'on trouve les moyens de tester les prédictions. La science dépend de plus en plus de la technologie. L'équipement technologique de pointe n'est pas seulement important pour le travail des scientifiques empiriques, mais aussi pour le renforcement des prédictions que les théoriciens avancent d'après les nouveaux concepts qu'ils ont élaborés. Cette relation entre la technologie et la science n'est pas très connue en dehors du monde scientifique, mais, chacun d'entre nous devrait connaître l'effet de la technologie sur la société.

6. La technologie dans la société

La technologie a une influence particulière sur notre société. De nombreux historiens et philosophes ont commencé à voir la technologie comme étant un agent de changement de notre société. Des inventions telles que la roue, la charrue, le moteur à vapeur, la presse, le bateau, l'électricité, les médicaments, l'automobile, la chaîne d'assemblage, l'avion, le téléphone et l'ordinateur, ont eu un impact direct ou indirect énorme sur notre mode de vie. Un des plus récents et des plus actifs domaines d'études se rattachant à l'histoire, la sociologie, l'anthropologie et la philosophie, se concentre sur les effets de la technologie sur les sociétés.

On parle, bien entendu, beaucoup de la question de l'utilisation de la technologie pour atteindre des buts inquiétants tels que le nucléaire et la guerre chimique, le contrôle des naissances, l'avortement, la drogue, le génie génétique, les additifs alimentaires, les pesticides et les expériences sur animaux. Dans le passé, on ne demandait pas l'opinion des citoyens sur cette application de la technologie pour résoudre des problèmes divers. Aujourd'hui, on demande, et parfois réclame, d'être consulté sur des questions comme la construction routière, l'aménagement des parcs, la destruction des déchets et l'énergie nucléaire. Cet engagement demande une différente sorte d'enseignement, surtout des études sociales et des sciences. Il sera essentiel aux citoyens du 21e siècle de comprendre des concepts tels que le profit et le risque, les coûts monétaire, social et écologique, les avantages et les effets secondaires ainsi que les concessions mutuelles.

«La science et la technologie ont enrichi nos vies matérielles de façon démesurée. Si nous devons prendre conscience de l'immense possibilité d'une harmonie entre la vie en société et les systèmes et produits qu'elle a créés, nous devons apprendre – et apprendre vite – à utiliser la science et la technologie pour enrichir nos vies intellectuelles.»

James Burke
(1978 : 295)

Dans les cours de sciences, le programme doit permettre d'élaborer sur des questions technologiques à controverse, sur le rôle qu'a la science de suggérer des possibilités scientifiques et non scientifiques plus acceptables. Les solutions scientifiques et technologiques ne sont pas toujours les meilleures et pourtant notre société a l'habitude de compter sur la science et sur la technologie pour trouver une solution rapide et facile. La technologie, telle qu'elle est utilisée par la société, crée des problèmes (par exemple, l'appauvrissement de l'ozone ou l'effet de serre) et pourtant, on s'attend à ce qu'elle

trouve une solution. Ceci est un nouveau problème avec un niveau de gravité croissant qui demande que l'on donne au public et à ses dirigeants, une nouvelle éducation technologique. L'école doit développer un nouveau programme de sciences – comprenant un élément d'éducation technologique.

«L'objectif de la technologie du génie génétique est d'augmenter l'efficacité et la productivité des plantes et des animaux domestiques. Cependant, l'efficacité et la productivité sont des valeurs culturelles, et non des valeurs écologiques.»

Jeremy Rifkin (1987 : 119)

7. La nature de la technologie

Les origines, les limites et la nature de la connaissance technologique diffèrent des origines, des limites et de la nature de la connaissance scientifique. L'enquête épistémologique pour savoir comment la connaissance technologique est acceptée par les ingénieurs, nous dévoile que les critères utilisés pour évaluer la connaissance technologique ne sont pas les mêmes que ceux utilisés pour évaluer la connaissance scientifique. Par exemple, on peut évaluer les concepts technologiques en termes de *viabilité économique, d'efficacité, de crédibilité et de simplicité*, alors que les concepts scientifiques seront évalués d'après la simplicité de la manière avec laquelle ils décrivent, expliquent et prédisent. Si nous voulons que les élèves aient un processus mental plus élevé et des habiletés à évaluer, il faudra alors les aider à identifier les critères généraux qui jugent les concepts scientifiques et technologiques.

À un niveau de sophistication encore plus élevé pour ce qui est des éléments technologiques de l'enseignement des sciences, il se peut que l'on présente d'autres concepts sur la nature de la technologie; par exemple, ceux avancés par des philosophes et écrivains tels que Jacques Ellul, Jeremy Rifkin et James Burke. Comme il existe différents concepts sur la nature de la matière, il existe également différents concepts sur la nature de la science et de la technologie. De nombreux éducateurs proclament que vivre dans une société technologique sans comprendre la nature de la technologie et la nature des interactions de la technologie avec la science et avec la société, est inexplicable et inexcusable. La recherche et l'expérience en salle de classe préciseront éventuellement l'ampleur des éléments technologiques et l'ordre dans lequel on les abordera dans l'enseignement des sciences.

«Le phénomème technologique est caractérisé par l'évaluation des technologies ... selon le critère d'efficacité.»

Jacques Ellul (1981 : 37)

8. Résumé

Existe-t-il des exemples actuels de projets et de programmes d'études qui mettent l'accent sur un programme technologique? Dans les institutions postsecondaires, on peut sans hésiter mentionner les facultés d'ingénierie et les instituts de technologie à travers le pays. Mais qu'en est-il des écoles secondaires? Oui, on trouve des modules technologiques dans le projet SaTiS de Grande-Bretagne et des points technologiques importants dans le programme de sciences du secondaire en Alberta, qui transmettent certains des objectifs des points importants du programme technologique décrits précédemment. Aux États-Unis, la conférence

annuelle sur l'instruction technologique met en évidence que l'accent mis sur la technologie se propage et évolue à tous les niveaux scolaires et dans les programmes postsecondaires.

Bien que le mouvement pour l'instruction technologique soit, en grande partie, entremêlé avec le mouvement STS, la question de l'instruction technologique a pris, dans la plupart des pays développés et en voie de développement, un aspect politique et économique. L'instruction technologique devrait être et peut être intégrée dans le programme de sciences en utilisant des organisateurs conceptuels – STS et points importants du curriculum. Décrire les points importants d'un programme technologique comme étant des éléments, n'a pas pour but de fragmenter l'éducation technologique de l'élève, mais de montrer que le casse-tête comporte beaucoup de morceaux, et que tous ces morceaux doivent être intégrés dans un curriculum pour donner à l'élève l'éducation dont il aura besoin pour sa carrière et pour être un bon citoyen du 21e siècle.

Les points importants du programme de vie en société

Le Conseil canadien des sciences (1984) a indiqué dans **Science for Every Student : Educating Canadians for Tomorrow's World** que ce qui ressortait le plus de la recherche sur l'enseignement des sciences effectuée pendant quatre ans à travers le Canada, était la différence que l'on remarque entre les intentions de l'enseignement des sciences et ses réalisations. Un des problèmes identifiés était que «l'on enseignait peu les interactions cruciales qui existent entre la science, la technologie et la société», même si c'était un des objectifs de l'enseignement des sciences dans toutes les commissions scolaires du Canada. Ainsi, une des recommandations de changement présentées dans le rapport du Conseil canadien des sciences concerne les questions STS.

«On devrait enseigner les sciences à tous les niveaux scolaires en mettant l'accent sur la relation qui existe entre la science, la technologie et la société afin d'augmenter la connaissance scientifique de tous.»

Conseil canadien des sciences (1984 : 38)

Dans un document de travail écrit pour l'étude du Conseil canadien des sciences, Aikenhead (1980) indiquait que la plupart des curricula de sciences étaient stériles tant au niveau social que culturel, et que les élèves n'étaient pas préparés à assumer leurs responsabilités de citoyens dans une ère en majorité scientifique et technologique. Dans cet article, qui a été primé («Collective Decision Making in the Social Context of Science,» 1985) et dans les manuels innovateurs (**Science : A Way of Knowing**, 1975 et **LoRST : Logical Reasoning in Science and Technology**, 1990), Aikenhead soutient que l'enseignement canadien des sciences doit être réorienté pour donner aux élèves une stratégie réfléchie de prise de décision et que pour pouvoir prendre des décisions sur des questions STS, il fallait connaître les caractéristiques et les limites de la science et de la technologie. Le fait de réaliser que la prise de décision STS demande de l'expérience et une connaissance des caractéristiques et des limites de la science et de la technologie, renforce la définition d'un enseignement des sciences STS unifié présentée par cette monographie. Un enseignement des sciences STS équilibré demande à ce que les points importants du programme de sciences, de technologie et de société soient séparés afin d'aller vers une connaissance STS à part entière.

Autant qu'il existe une variété d'éléments dans les points importants d'un programme de sciences et de technologie, il existe des éléments semblables dans les points importants d'un programme de vie en société faisant partie de l'unité d'études du cours de sciences. Les points importants du programme de vie en société peuvent varier quant à leur intégration dans le contenu général que ce soit au niveau de l'enseignement, du nombre d'étapes de prise de décision et de l'ampleur de chaque étape du modèle de prise de décision. Ces choix de programmes et d'enseignement offrent une grande variété d'éléments que l'on trouve, à n'importe quel niveau, dans les points importants du programme de vie en société d'un cours de sciences. Certains des choix sont énumérés ci-dessous.

Éléments des points importants d'un programme de vie en société

1. Connaissance sociétale
2. Habiletés sociétales
3. Attitudes sociétales
4. Prise de décision sociétale
5. Science et société

Les points importants d'un programme de vie en société peuvent être relativement illimités et comprendre un grand choix d'éléments d'apprentissage fondamentaux (connaissances, habiletés et attitudes), ou ils peuvent être restreints, c'est-à-dire ne comprendre que les habiletés de prise de décision sur des questions STS. Dans le cas d'un programme restreint, les points importants sont souvent décrits comme étant ceux de la science et de la technologie dans la société (STS) avec un accent particulier sur la prise de décision sur des questions STS. Parmi les exemples de questions STS, on trouve le génie génétique, la guerre chimique, la destruction des déchets toxiques, l'énergie nucléaire et la combustion des combustibles fossiles. Les élèves doivent au moins prendre conscience de ce qu'est une question STS et du fait que ces question se retrouvent sans cesse dans les informations de tous les jours. Ils doivent ensuite se rendre compte que le point de vue scientifique n'est qu'un point de vue sur des questions STS parmi de nombreux autres. Au-delà de cette prise de conscience initiale, les enseignants ont un grand choix de stratégies d'enseignement et de programmes.

1. Connaissance sociétale

La quantité de connaissance sociétale (par exemple, les concepts sociétaux et les descriptions) couverte par un programme de sciences, est généralement minime. Les points de vue concernant une question STS ne sont qu'un exemple du concept sociétal qui est présenté aux élèves dans un cours de sciences STS. La description d'une question STS se limite souvent, au départ, à une demi-douzaine de points de vue pour augmenter ensuite à une douzaine au fur et à mesure que les élèves deviennent plus à l'aise avec le concept de points de vue.

«Je ne connais pas d'autre dépositaire des pouvoirs ultimes de la société sur lequel on puisse compter, que les gens eux-mêmes; et si nous pensons qu'ils ne sont pas assez avertis pour exercer leur contrôle avec discernement, la solution n'est pas de le leur enlever mais de leur enseigner à juger clairement les choses.»

Thomas Jefferson

2. Habiletés sociétales

Chaque processus ou étape d'un modèle de prise de décision STS fait appel à des habiletés plus ou moins semblables à celles de la résolution de problèmes scientifiques ou technologiques examinées précédemment. Les enseignants ne peuvent pas présumer que les habiletés en analyse et en évaluation, apprises dans un contexte de résolution de problèmes scientifiques, seront automatiquement transférées dans un contexte de prise de décision STS. Au même titre que les habiletés scientifiques et technologiques, les habiletés qui entrent en jeu dans un contexte de prise de décision sociétale se développent sur plusieurs niveaux d'acquisition. Par exemple, en ce qui concerne les questions sociales, on distingue trois niveaux de développement d'habiletés dans le modèle d'établissement de consensus d'Alberta Education s'adressant aux écoles secondaires de premier cycle (Alberta Education junior high school Consensus Building Model).

Niveaux d'habiletés de prise de décision STS

1. **Niveau de la prise de conscience** – l'enseignant utilise les habiletés et adapte ces habiletés par le biais de l'enseignement.
2. **Niveau d'enseignement** – les compétences sont enseignées aux élèves par le biais d'expériences planifiées d'apprentissage.
3. **Niveau d'indépendance** – les compétences doivent être maintenues et perfectionnées par la révision et la pratique.

Comme la plupart des modèles développementaux en éducation, ce modèle n'affirme pas que l'on doive employer le niveau d'indépendance d'acquisition d'habiletés seulement aux niveaux scolaires les plus avancés. Les monographies d'Alberta Education portant sur les aspects physique, social et cognitif du développement sont claires à ce sujet; le développement des habiletés dans ces domaines, lorsque intervient un nouveau contexte, exige un retour aux niveaux de base, soit celui de la prise de conscience et du concret. Il en est de même pour l'acquisition de nouvelles habiletés STS, où il est nécessaire de débuter par les niveaux de la prise de conscience et d'enseignement, et de poursuivre ensuite au niveau d'indépendance d'acquisition. Même si d'anciennes habiletés peuvent atteindre de nouveaux sommets à un niveau scolaire plus avancé, l'expérience et la recherche ont démontré que les habiletés plus récentes doivent évoluer en passant par les niveaux de la prise de conscience, d'enseignement et d'indépendance. Le niveau d'indépendance peut être atteint ou ne pas l'être, quel que soit le niveau scolaire. (voir figure 7.)

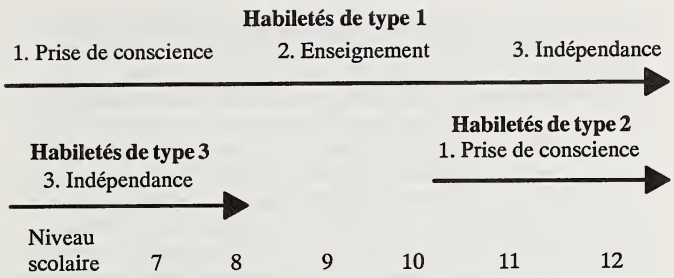

Figure 7. Niveaux de développement d'habiletés selon le niveau scolaire.

Dans un cours de sciences, une prise de décision réfléchie et l'établissement d'un consensus concernant un problème STS exigent sensiblement les mêmes habiletés que dans un cours de sciences sociales. Les habiletés de participation et d'enquête sociale dont on se sert dans un cours de sciences sociales sont énumérées ci-dessous.

Processus de prise de décision en sciences sociales

1. Identifier et cerner le problème
2. Formuler des hypothèses de recherche
3. Recueillir et organiser les données
4. Analyser et évaluer les données
5. Synthétiser les données
6. Résoudre le problème
7. Appliquer la décision
8. Évaluer la décision, le processus et les mesures à prendre

Ces habiletés sont semblables à celles qu'exige la résolution de problèmes scientifiques. Par exemple, les deux exercices demandent de formuler des questions, de rassembler des preuves et d'effectuer des opérations intellectuelles complexes telles que l'analyse, l'évaluation et la synthèse. Le fait que le contexte de recherche se situe habituellement en bibliothèque plutôt qu'en laboratoire est une différence importante. Les élèves rassemblent des preuves, lesquelles appuieront diverses prises de position, dans les journaux, les revues, les documents originaux, les publications gouvernementales et les rapports d'étude. Ces habiletés doivent être exercées comme toutes les autres – l'expérience des habiletés de la démarche est essentielle pour les mettre en pratique dans des contextes de résolution de problèmes ou de prise de décision. Pour souligner l'importance de l'expérience sur le développement des habiletés de la démarche, il a été suggéré que la définition des habiletés de la démarche devrait se limiter à celle que les élèves démontrent en situation de recherche (Jenkins 1987). Cette définition enlève du poids à la tendance de l'enseignement par cours magistraux, plutôt que par l'expérience. Si les habiletés de la démarcher sont importantes, alors il est essentiel qu'elles soient définies par ce qui est expérimenté plutôt que par ce que quelqu'un d'autre a expérimenté. Un encadrement peut être fourni, mais si les élèves ne peuvent expérimenter eux-mêmes la méthode de résolution de problèmes ou de prise de décision, l'apprentissage ne sera purement qu'académique et non transférable.

Les types d'habiletés nécessaires dans la prise de décision, vont du classement des énoncés présentés comme étant pour ou contre la question débattue (Aikenhead 1975; Jenkins 1981; Alberta Education 1988), à l'examen critique des intérêts des participants et leurs idées (Aoki 1979). Les habiletés à un niveau avancé ne relèveront probablement que du domaine des cours de sciences sociales, mais les professeurs de sciences devront étendre les habiletés de façon appropriée afin de les adapter aux élèves. Par exemple, il se peut que les professeurs de sciences décident de ne faire prendre conscience aux élèves que du processus de l'examen critique tel qu'il est utilisé par les théoriciens critiques. Ces habiletés au niveau avancé deviennent progressivement plus abstraites mais, à chaque niveau scolaire, toute nouvelle habileté doit être présentée au niveau de la prise de conscience, au niveau de l'enseignement, et enfin, au niveau d'indépendance. La règle générale pour passer du concret à l'abstrait s'applique de la même façon pour chaque nouvelle habileté de démarche que pour les nouveaux concepts.

Puisqu'il se peut qu'au début, les professeurs de sciences soient aussi désavantagés que les élèves face au concept de la prise de décision, ils doivent passer, eux aussi, à travers les mêmes niveaux de prise de conscience, d'enseignement et d'indépendance. C'est pour cette raison qu'Alberta Education donne, aux élèves et aux professeurs, des exemples concrets et des modèles de prise de décision STS par le biais de cassettes vidéo, de services internes et de matériel pédagogique divers. En même temps qu'on présentera aux élèves les habiletés de prise de décision, on présentera aux professeurs de sciences les nouvelles méthodes d'enseignement ou les mises à jour. La plus grande différence est l'accent qui est mis sur les sujets de discussion de fond, plus particulièrement ceux qui ne présentent pas de solutions absolues. Un enseignement qui met l'accent sur la prise de décision peut comprendre certaines des stratégies suivantes :

Stratégies d'enseignement de la prise de décision

1. **Recherche en bibliothèque**, par exemple, la lecture et l'analyse de journaux, de rapports gouvernementaux et de rapports annuels.
2. **Discussions en classe,** par exemple, présentation de la tolérance, de la compréhension et du respect de points de vue différents.
3. **Débats en classe**, par exemple, trouver et exprimer les pour et contre d'un sujet à partir de différents points de vue.
4. **Jeu de rôle dans un hôtel de ville,** par exemple, identifier les personnes ou les groupes d'une communauté, possédant le pouvoir.
5 **Interventions publiques**, par exemple, écrire un texte d'intervention fictive ou réelle à être présenté à une audience publique concernant une question STS.
6. **Audiences publiques**, par exemple, participer à des audiences publiques, que ce soit en tant qu'intervenant ou participant.
7. **Études de cas**, par exemple, étudier un cas de question STS résolue dans le passé ou un nouveau cas pas encore résolu, en passant par les différents niveaux du procédé de la démarche sociétale, c'est-à-dire le niveau de la prise de conscience, le niveau d'enseignement et le niveau d'indépendance.

Ajuster les stratégies d'enseignement au contenu

Non seulement il est possible d'ajuster les points importants d'un curriculum à l'unité d'études, mais il est aussi possible d'ajuster les stratégies et les points importants qui en découlent. Par exemple, il semble approprié d'ajuster l'approche de l'enseignement en laboratoire au développement des habiletés de résolution de problèmes et au développement du processus scientifique. Pour mettre l'accent sur le développement du concept scientifique, il sera peut-être adéquat d'utiliser les nouvelles stratégies d'enseignement constructif (Rosalind Driver de Leeds, 1986; Ian Mitchell projet PEEL en Australie, 1986; Gaalen Erickson de l'université de la Colombie-Britannique (UBC), 1987). Pour mettre l'accent sur la prise de décision STS, il semble adéquat de suggérer d'utiliser les activités énumérées précédemment. On pourra ajouter au concept des stratégies d'enseignement, le concept des points importants STS et des points importants du curriculum, afin d'aider les professeurs de sciences à organiser et à présenter aux élèves, tous les objectifs de l'enseignement des sciences.

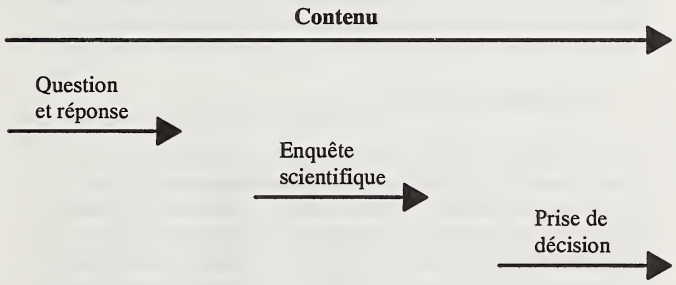

Figure 8. Assortir les stratégies d'enseignement au contenu

On trouve à la figure 8, la présentation du contenu d'une unité d'études par le biais des différentes techniques d'enseignement. Il se peut qu'à un certain moment de l'enseignement de l'unité d'études, on ait besoin d'utiliser une stratégie d'enseignement différente. Depuis des années, les professeurs de sciences se sont servis d'une grande variété d'approches d'enseignement. Certaines des approches les plus vieilles sont énumérées ci-dessous, avec quelques nouvelles. Une grande variété de stratégies d'enseignement est non seulement indispensable pour atteindre les objectifs de l'enseignement des sciences, mais aussi pour s'adapter aux différents styles d'apprentissage des élèves.

Stratégies d'enseignement des sciences

1. Les points importants de l'enseignement didactique (cours magistraux) – principalement une présentation à sens unique.
2. Les points importants de l'enseignement **inquisiteur** – une présentation qui met l'accent sur les questions orales et les réponses.
3. Les points importants de l'enseignement de **vérification empirique** – les démonstrations et le travail en laboratoire mettent l'accent sur la vérification.
4. Les points importants de l'enseignement de l'**enquête scientifique** – la résolution de problèmes scientifiques échelonnée sur une ou plusieurs périodes de travail.
5. Les points importants de la **nature de la science et de la technologie** – le niveau de langue de la classe et les discussions qui précèdent et suivent le travail en laboratoire mettent l'accent sur la nature du travail scientifique et technologique.
6. Les points importants de la **prise de décision** – on comprend dans les stratégies d'enseignement, les discussions, les jeux de rôles, les interventions et les simulations sur ordinateur.
7. Les points importants du **modèle** – modèles d'habiletés STS, d'attitudes et de valeurs par le biais du langage et des actions.

Chacune de ces stratégies d'enseignement demande un engagement et des habiletés qui lui donne une place, à part entière, dans l'éducation de nos élèves.

3. Attitudes sociétales

Dans le programme des sciences, le concept des attitudes sociétales est relativement neuf parmi les points importants explicites du curriculum. Les attitudes sociétales d'un programme de sciences STS se refèrent aux attitudes ou prédispositions dont on a pris connaissance dans le contexte de prise de décision. Ces attitudes donnent une idée du ton et de la qualité des discussions et débats, et ainsi, sont très importantes pour ce qu'Aikenhead (2985) appelle une prise de décision réfléchie et vigilante. Certaines des attitudes qui affectent la qualité de la prise de décision sont énumérées ci-dessous.

Attitudes sociétales (prise de décision)

1. **Tolérer** les points de vue possibles – accepter le besoin de différents points de vue.
2. **S'engagement à comprendre** les points de vue possibles – se renseigner sur tous les points de vue en lisant et en écoutant.
3. **Respecter** les points de vue possibles – montrer plus que de la simple tolérance.
4. **Avoir confiance** en une prise de décision réfléchie – avoir confiance dans l'habileté personnelle à prendre des décisions réfléchies.
5. **Faire preuve de vigilance** afin de prendre une décision réfléchie – s'engager à arriver à une décision réfléchie.
6. **Apprécier et respecter** (les décisions réfléchies).
7. **S'engager à comprendre les rôles et les limites** de la contribution scientifique et technologique quant aux prises de décisions concernant des questions STS.

Dans une classe de sciences, les enseignants n'ont qu'une certaine influence sur l'attitude de tolérance, de respect et d'engagement des élèves à comprendre les points de vue possibles. Cependant, les programmes de sciences et l'enseignement devraient pouvoir avoir plus d'impact sur les dernières attitudes énumérées ci-dessus, c'est-à-dire faire preuve de confiance et de vigilance par rapport aux prises de décisions, et s'engager à comprendre les rôles de la science et de la technologie lorsqu'il s'agit de prendre des décisions sur des questions STS.

«Celui qui prend une décision de façon efficace est celui qui fait preuve de vigilance dans la recherche de l'information, qui évalue prudemment la validité et la crédibilité de l'information, et qui s'engage à prendre une décision réfléchie.»

Glen Aikenhead (1985 : 464)

S'il peut y avoir la moindre chance que les élèves en sciences rattachent à des situations réelles, les attitudes scientifiques telles que l'esprit critique, l'ouverture d'esprit, le respect des évidences et le jugement en suspens, il se peut alors que la stratégie d'enseignement adéquate soit la mise en pratique de ces prédispositions dans un contexte de prise de décision STS. Cependant, si l'enseignement d'une unité d'études qui met l'accent sur un programme de vie en société, n'est que didactique (cours magistral), il y a peu de chance que le programme d'études atteignent les objectifs fixés. Il appartient à ceux qui conçoivent les programmes de planifier assez de temps d'enseignement; il appartient aux enseignants d'utiliser ce temps pour atteindre ces objectifs d'attitudes; et il appartient à celui qui élabore les examens de trouver les moyens de dépister les élèves qui ont atteint ces buts de l'enseignement des sciences et de les récompenser.

4. Prise de décision sociétale

Le concept de la prise de décision STS (comme tout concept) comprend plusieurs sous-concepts. Les enseignants et ceux qui élaborent les programmes doivent prendre en considération quel concept peut être présenté, à quel niveau scolaire et dans quelle mesure. À partir du moment où les élèves des premiers niveaux scolaires auront appris les sous-concepts de base, on pourra introduire aux niveaux scolaires les plus avancés, les concepts et habiletés assez sophistiqués de prise de décision. Par exemple, les élèves des premiers niveaux peuvent apprendre à identifier et à classifier un nombre restreint (quatre ou cinq) de points de vue concernant une question STS. Il se peut que ces points de vue comprennent des aspects économique, technologique, politique et écologique comme notions de base. La classification est un exercice que les élèves qui ont atteint un faible niveau psychologique peuvent faire; par exemple, ceux qui sont au niveau cognitif d'opérations concrètes. Pour que les élèves deviennent plus engagés aux niveaux de l'analyse, de l'évaluation, de la synthèse de la pensée abstraite, on devra les guider à travers des cycles d'apprentissage systématique.

Bien qu'il ne soit pas sage d'adopter un modèle linéaire de résolution de problèmes ou de prise de décision, nous vous en présentons un ci-dessous. Il existe de nombreux modèles semblables qui présentent à peu près le même concept de prise de décision STS. Comme la carte d'une région, le modèle ne montre pas la réalité. Cependant, le modèle, comme la carte, peut être utile en tant que guide pour nous aider à arriver à notre destination. Le modèle doit être linéaire, cyclique et avoir en même temps des courants parallèles d'activités; c'est-à-dire, il doit représenter la complexité et la flexibilité des prises de décisions réelles. Comme la carte, aucun modèle ne peut totalement représenter la réalité, mais il est quand même utile dans la mesure où l'on ne le suit pas de trop près.

Prendre note de la ressemblance avec le modèle de résolution de problème scientifique. Il se peut que, pour mettre les élèves à l'aise et en confiance, l'enseignant veuille mettre l'accent sur les similarités des modèles avant de s'attaquer aux différences.

Un modèle de prise de décision STS

1. Prendre conscience ou constater l'existence d'une question STS (problème).
2. Choisir une approche adéquate de prise de décision (conception expérimentale).
3. Rassembler les évidences pour appuyer tous les aspects présentés au cours d'un débat (évidence).
4. Utiliser le concept des points de vue pour classifier les déclarations faites sur une question STS (analyse).
5. Analyser le nombre et le genre de déclarations de points de vue faites sur une question STS (analyse).
6. Prendre une décision concernant une question STS et l'appliquer (synthèse).
7. Évaluer le processus et les résultats d'une décision STS (évaluation).

Bien que les éléments possibles d'un modèle de prise de décision STS énumérés ci-dessus montrent la nature séquentielle de ce modèle, chacun de ces éléments peut être appris et mis en pratique séparément. Comme les problèmes de stoechiométrie en chimie, les problèmes des plans inclinés en physique, les problèmes d'écologie en biologie comprennent plusieurs étapes et des sous-concepts qui peuvent être appris et mis en pratique séparément, la prise de décision sociétale comprend plusieurs étapes qui peuvent être apprises séparément et mises toutes en application à des degrés différents de sophistication. Par exemple, le modèle ci-dessus peut être utilisé à l'élémentaire, au secondaire premier cycle et deuxième cycle, si l'enseignant prend garde de fournir l'aide nécessaire et d'ajuster ses attentes selon les élèves. Il est nécessaire que l'enseignant et le matériel d'appui pédagogique donnent des études de cas et des modèles à chaque étape et à chaque niveau de sophistication, (pour rappeler les niveaux d'habiletés de la prise de conscience, d'enseignement et d'indépendance énumérés précédemment).

L'identification et la classification des points de vue sur une question, est un point de départ. L'expérience en classe dont parlent les projets **Science : A Way of Knowing (1975)** et le **STSC Chemistry (1988)** a indiqué que les élèves de la 10e année peuvent utiliser ou inventer un système de classification dans lequel

ils pourront inscrire les déclarations faites sur une question STS. Il est entendu que les déclarations proviennent d'une large représentation de la société. Si on rassemble et analyse les déclarations, on en ressort des catégories évidentes – un grand nombre de perspectives ou de points de vue sur la question STS se détachent. Les points de vue découverts par les élèves dans le passé, sont énumérés ci-dessous.

Points de vue sur une question STS

1. **Esthétique** – artistique, avec goût, beau
2. **Écologique** – environnemental
3. **Économique** – monétaire
4. **Émotionnel** – sentiments
5. **Éthique** – morale
6. **Légal** – jurisprudence
7. **Militariste** – guerre, défense
8. **Mystique** – inexplicable
9. **Politique** – vote
10. **Scientifique** – recherche
11. **Social** – communauté
12. **Technologique** – technique

Le système de classification n'a rien de spécial, mais il fonctionne. Des anecdotes recueillies en salle de classe indiquent que les élèves peuvent utiliser ce système avec succès, et qu'il permet de faire la différence entre les observations et les interprétations, dans un contexte autre que celui des sciences. Par exemple, lorsque les politiciens demandent plus de recherche sur les pluies acides, on se doit de mettre cette déclaration dans la catégorie scientifique même si on suppose des motifs ou un programme cachés (interprétations). On passera de la première étape, qui est la classification des déclarations, vers celle d'une classification plus approfondie qui identifiera les déclarations positives et négatives (pour ou contre), pour arriver à une proposition sur une question STS lors d'un débat. Par exemple, une déclaration écologique à propos de l'énergie nucléaire peut être positive ou négative selon que l'on bannit l'énergie nucléaire ou pas.

– *«Plus d'une fois, par le biais de l'énergie nucléaire, des radiations ont été relâchées, par accident, dans l'atmosphère.»*

+ *«L'énergie nucléaire a remplacé les centrales alimentées au charbon et a réduit les pluies acides sur les régions du Centre et de l'Est du Canada.»*

Les élèves peuvent continuer la méthode de classification en rassemblant tous les pour et contre qu'ils peuvent trouver et analyser les résultats en comptant le nombre de pour et le nombre de contre. L'analyse répondra à leur question tout simplement. Cependant, une évaluation par les élèves de la conception de modèle de prise de décision les amène à s'apercevoir que de seulement compter les

déclarations ne satisfait pas tout le monde. Ceci amène à discuter des valeurs et du nombre de valeurs que certains groupes de notre société appliquent à certains points de vue. Aikenhead (1985) manie cet aspect en présentant à ses élèves le concept des domaines sociaux qui empiètent sur le domaine de la prise de décision. La classification par domaines de Aikenhead est présentée à la figure 9.

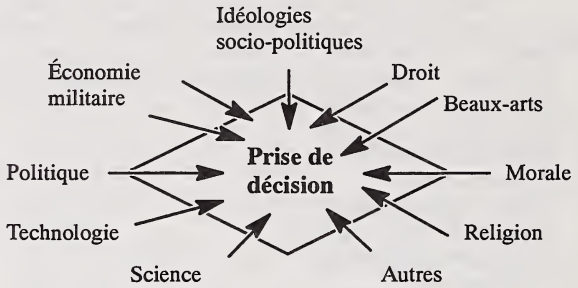

Figure 9. Les domaines sociaux qui empiètent sur la prise de décision.

Un des avantages de l'approche de la classification par domaines est que les élèves ont l'occasion de réfléchir sur la raison d'être de chacun de ces aspects de la société. Aikenhead indique que chaque domaine a sa propre connaissance de base, ses propres hypothèses qui servent de base à la connaissance, ses propres traditions de prise de décision, ses propres buts dans la société et sa propre vision du monde. Dans un cours de sciences, ce discernement semblerait probablement simpliste, mais pour comprendre les caractéristiques et les limites de la science et de la technologie, il faut pouvoir étudier les caractéristiques des domaines alternatifs de la connaissance. En plus d'atteindre cet objectif, les élèves peuvent aussi utiliser cette méthode de classification pour identifier le domaine qui, parce qu'il a le pouvoir social ou politique, ou les deux, sera celui qui prendra une décision concernant une question STS.

Capra, un physiciste devenu philosophe, s'est servi de l'idée des points de vue et des domaines sociaux (1982), pour appuyer son point de vue sur l'étroitesse d'esprit que les experts de notre société montrent à l'égard de problèmes et de questions. Pour Capra, nombreux sont les économistes qui, par exemple, ne peuvent pas comprendre et prédire notre économie parce qu'ils oublient de prendre en considération les points de vue multiples du monde. Selon Capra, ces économistes oublient le facteur écologique, social, politique et moral lorsqu'ils élaborent leur concept de l'économie. Cependant, les temps changent et les ingénieurs, les légistes et autres apprennent à prendre en considération les différents points de vue sur une question, et à évaluer les produits technologiques et les lois découlant de chacun de ces points de vue. Il semble évident que le concept de la multiplicité des points de vue doive de nos jours, faire partie de l'éducation.

La tâche du professeur de sciences est de montrer comment, où, et dans quelle mesure, la connaissance scientifique et technologique peut être utilisée pour répondre aux questions STS. La connaissance scientifique a un rôle, bien qu'il soit limité, à jouer dans la prise de décision STS. Notre tâche, en tant qu'enseignant, est de définir ce rôle et de fournir des modèles et des mises en pratique de prises de décisions STS. Depuis longtemps, il n'est plus possible à un seul individu de trouver la réponse à un problème qui se pose à la société et à la communauté scientifique. La complexité des problèmes scientifiques demande que la solution soit trouvée par une équipe de chercheurs scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens. Certains observateurs proclament que d'enseigner le contraire aux élèves, est une grave erreur. De plus, un problème STS complexe a besoin, pour avoir une solution réfléchie et défendable, d'une équipe de représentants du domaine des sciences, de la technologie et de la société. Encore mieux, chaque représentant des domaines des sciences, de la technologie et de la société devrait comprendre et tolérer les points de vue alternatifs qui existent sur la question. Respecter l'opinion d'autrui sur une question est un prérequis pour trouver une solution à tout problème STS.

«La plupart des académiciens adoptent le point de vue étroit de la réalité qui est inadéquat à traiter les problèmes majeurs de notre temps. ... Pour comprendre notre crise culturelle à multiples facettes, nous devons adopter un point de vue extrêmement général et examiner notre situation dans un contexte d'évolution culturelle de l'humanité.»

Fritjof Capra
(1982 : 25)

En plus, les concepts de consensus, de décision collective prise à un niveau général, personnel et scientifique, de valeurs, de concessions mutuelles et de délibérations, sont tous nécessaires pour comprendre le concept de la prise de décision en général, et pour comprendre en particulier le rôle et les limites de la science et de la technologie. Chacun de ces concepts doit être introduit dans un programme de sciences, lentement, de façon délibérée et systématique, selon chaque niveau et habileté scolaire. Faire autrement serait priver les élèves du 21e siècle d'une éducation adéquate.

5. La science dans la société

La science dans la société a changé de façon significative durant les deux dernières décennies. Les changements continuels dans les interactions entre la science et la société ont conduit à de nombreux débats et à de nombreux faux départs dans la mise en place de nouvelles règles du jeu de la science et de la société. Certains des problèmes et des préoccupations sont énumérés ci-dessous.

La science dans les problèmes de société

1. La science et la technologie sont considérées par la société comme des technosciences, c'est-à-dire qu'on ne les distingue pas l'une de l'autre. (Fleming 1987)
2. L'aide financière accordée au développement de la science est basée sur le même type de critères que ceux pour le développement et la recherche technologique (R&D). (Polanyi 1988)
3. Dans certains pays développés, la moitié de la communauté scientifique est employée par les militaires (R&D). (Suzuki 1989)
4. La bataille contre la diminution de l'aide financière accordée à la recherche occupe de façon démesurée le temps et les efforts des chercheurs. (Savan 1988)

5. Il se peut que la bataille pour l'aide financière accordée à la recherche change l'image de la communauté scientifique et augmente ses infractions à l'éthique. (Savan 1988)
6. La cour et la société en général, comprennent difficilement les valeurs scientifiques, les sentiments de doute et les conflits internes de la communauté scientifique. (Aikenhead 1985)
7. Il existe des versions publiques et confidentielles de la science qui se reflètent dans ce que font et disent les scientifiques, en public ou en privé. (Holton 1978;Polanyi 1958)
8 La communauté scientifique est dans certains cas, gouvernée à l'intérieur par des intérêts matériels puissants qui déplacent le centre d'équilibre de l'autorité scientifique et qui défient le status quo. (Ravetz 1971)
9. Les scientifiques sont influencés par les valeurs culturelles lorsqu'ils font un témoignage au nom du pour ou du contre d'une question STS – surtout s'ils ne sont pas certains des réponses scientifiques. (Gaskell 1982)

Depuis C.P. Snow (1961), un nombre croissant de philosophes, de sociologues et d'anthropologues écrivent au sujet de problèmes touchant la communauté scientifique, et de problèmes existant entre la science et la société (par exemple, Ravetz 1971; Latour et Woolgar 1979). En général, les élèves et les étudiants universitaires n'ont pas l'occasion d'entendre ces idées, d'en discuter et de les débattre. Cependant, il est de plus en plus difficile de justifier le choix d'exclure du programme les problèmes qui existent entre la science et la société, et que l'on trouve à l'intérieur de la communauté scientifique. Dans notre société, on demande de plus en plus à ceux qui ont le droit de vote de porter des jugements sur les questions STS, et sur la façon avec laquelle on distribue l'aide financière à la recherche et au développement scientifique et technologique. Pour prendre des décisions réfléchies, les dirigeants et ceux qui les élisent doivent prendre conscience des facteurs internes et des problèmes que rencontre la communauté scientifique. Les conflits entre la science et la société sont, dans la plupart des cas, un résultat du manque de compréhension des caractéristiques et des limites de la science. D'un point de vue éducatif, ce manque de compréhension peut être corrigé.

«Sans un changement fondamental de la structure de la formation des scientifiques, de l'avancement et des récompenses, nous risquons de gaspiller une de nos richesses humaines et intellectuelles les plus grandes.»

Beth Savan (1988 : 15)

Mendelsohn (1976) suggère que la science a besoin d'être guidée par les nouvelles valeurs afin d'interagir d'une manière estimable avec les attentes de la société. Nous sommes dans une nouvelle période de l'histoire de la science et de la société, et il faut aux scientifiques, une nouvelle série de lignes de conduite pour qu'ils puissent interagir avec la société. Les valeurs suggérées par Mendelsohn sont les suivantes :

Valeurs pour la science dans la société

1. **Modestie** – remplacer l'arrogance du passé
2. **Accessibilité** – démystifier la science
3. **Recherche humanitaire et morale** – recherche non violente
4. **Harmonie avec la nature** – versus contrôler et dominer la nature

Pour répondre à ces genres de préoccupations, les scientifiques, les technologues et les physicistes ont fait un effort majeur pour se battre pour ces valeurs. La création d'associations telles que Scientists for Social Responsibility (les scientifiques pour la responsabilité sociale) et Physicians for Social Responsibility (les médecins pour la responsabilité sociale) sont des exemples du genre d'efforts qui ont eu pour résultat une augmentation considérable du nombre des scientifiques et des physiciens adoptant les valeurs qui reflètent une interaction responsable et honnête avec la société. Dans un programme moderne de sciences, on devrait faire prendre conscience aux élèves de ces organisations, de leurs origines et de leurs buts.

Depuis des années, David Suzuki, par le biais de sa science et des médias, a plaidé en faveur de ces valeurs. Alors qu'au début son objectif était de démystifier la science, maintenant, dans sa série télévisée «A Planet for the Taking» David Suzuki met l'accent sur des valeurs telles que la modestie, l'éthique et l'harmonie.

6. Résumé

Les points importants d'un programme de vie en société d'une unité d'études dans un programme de sciences, permettent à ceux qui élaborent le programme, au personnel qui évaluent les élèves et aux enseignants, d'incorporer, de façon systématique et facile, la science et la technologie dans les buts sociétaux de l'enseignement des sciences. Il est suggéré que dans un cours de sciences, une partie d'au moins une unité d'études sur trois ou quatre soit réservée à la prise de décision de questions STS comme point important du programme. Les points importants du programme sociétal comprendront en plus du contenu scientifique, la connaissance sociétale, les habiletés (prise de décision) et les attitudes.

Dans certains cours STS, chaque unité d'études met l'accent sur les questions STS. Dans le curriculum de l'Alberta, il existe une tradition qui dit que des bases solides de connaissances scientifiques et technologiques sont nécessaires pour prendre ce qu'Aikenhead (1985) appelle une décision réfléchie. Prendre une décision sur une question STS demande un effort concerté pour atteindre les objectifs établis par l'enseignement des sciences. D'une certaine façon, la prise de décision STS est le point culminant d'un programme de sciences réussi.

Vue d'ensemble

«Il faut que le rôle de la science dans la société soit accentué, tout en tenant compte de l'application de la science, de l'effet qu'ont les découvertes scientifiques sur la société et sur l'environnement, et des questions de morale et d'éthique qui vont de pair avec l'utilisation de la connaissance scientifique».

Révision des programmes du secondaire d'Alberta Education (1984)

Le concept du programme STS (science, technologie et société) a les moyens d'unifier un grand nombre des concepts précédents de l'enseignement des sciences. Ainsi, l'enseignement des sciences STS, offre l'occasion d'organiser et de présenter, dans un seul document cohérent, tous les objectifs de l'enseignement des sciences. Lorsqu'on combine le concept de l'enseignement des sciences STS et le concept des points importants du curriculum, on présente d'une façon systématique et logique, les buts STS, tout au long du programme de sciences du secondaire. Les buts de la science, de la technologie et de la société peuvent être combinés pour aider les élèves qui iront dans le domaine des sciences mais aussi pour aider la population étudiante totale qui deviendra les citoyens de l'ère de la science et de la technologie.

Un exemple du potentiel du concept STS et du concept des points importants du curriculum tels qu'ils s'appliquent à l'enseignement des sciences, est *le besoin préalable de comprendre les caractéristiques et les limites de la science et de la technologie* avant de pouvoir prendre des décisions réfléchies sur des questions STS. Les points importants du programme de sciences et de technologie fournissent la connaissance qu'il faut posséder pour prendre des décisions sur les questions STS présentées dans une unité d'études axée sur un programme de vie en société. Cette approche, intégrée et systématique, qui tend vers l'atteinte de tous les buts de l'enseignement des sciences, permet aussi d'augmenter la qualité des buts pour qu'ils atteignent un niveau de 21e siècle. Le modèle utilisé dans cette monographie pour représenter la grande variété des buts de l'enseignement des sciences, est illustré à la figure 10.

	APPRENTISSAGE FONDAMENTAL		
POINTS IMPORTANTS	Connaissances	Habiletés	Attitudes
Science			
Technologie			
Société			

Figure 10. Les connaissances, les habiletés et les attitudes dans un programme d'études STS

Un des principaux avantages de l'incorporation des concepts de la science, de la technologie et de la société aux concepts de la connaissance, des habiletés et des attitudes, est que tous les buts de l'enseignement des sciences peuvent être présentés d'une façon simple mais complète. Ceux qui élaborent les programmes, qui évaluent les élèves, qui aident les enseignants et qui enseignent en salle de classe, peuvent utiliser le modèle pour s'assurer que l'on accorde à tous les buts de l'enseignement des sciences l'attention qu'ils méritent. Toutes les formes de connaissance décrites dans ce modèle méritent qu'on leur porte attention dans tous les cours, mais il faut établir des stratégies qui incorporeront de façon systématique cet apprentissage fondamental.

Le concept des points importants du curriculum fournit une stratégie générale qui intègre systématiquement les buts de l'enseignement des sciences, sans pour cela que cette intégration soit accablante. Chaque unité d'études va de pair avec les points importants du curriculum d'un objectif particulier, par exemple, le but scientifique, technologique ou sociétal. Il se peut que, dans une unité d'études, les points importants d'un programme de sciences relèvent du domaine des habiletés de la démarche scientifique ou de la nature de la science, alors que dans une autre unité d'études, on mettra l'accent sur la nature des interactions technologiques. Dans une troisième unité du même cours, on pourra mettre l'accent sur la question STS et la prise de décision collective. En combinant les concepts de la science, de la technologie et de la société avec les concepts de la connaissance, des habiletés et des attitudes, et le concept des points importants du curriculum, les enseignants présenteront aux élèves, de façon systématique, tous les buts de l'enseignement des sciences.

Il n'existe pas de modèle qui puisse refléter tout à fait un curriculum, mais le modèle utilisé devrait refléter la façon de penser et les valeurs actuelles du monde de l'éducation et de la société en général. L'évolution des concepts et des modèles de l'enseignement des sciences exige que les concepts actuels et les modèles soient présentés de façon claire, uniforme et logique, pour qu'ils puissent être mis en pratique en salle de classe. Cette monographie essaye de montrer, d'une manière simple mais complète, la complexité d'un programme de sciences. On peut tester les concepts et les modèles présentés dans cette monographie, par la capacité qu'ils ont à présenter, à décrire et à guider l'enseignement des sciences dans nos écoles.

L'idée maîtresse d'un enseignement des sciences STS est que nos élèves seront les adultes du 21e siècle, et qu'il faudra un différent type de scientifiques et de citoyens. Nous pouvons vivre avec une vue de la nature de la science qui se rapproche de celle que l'on avait au 17e siècle, et avec une vue de la résolution de problèmes sociétaux qui date des années 50, ou nous pouvons entrer dans le 21e siècle avec un programme unifié et complexe qui sera l'image de notre évolution en tant que peuples civilisés. Le concept STS et le système des points importants du curriculum nous donnent une occasion spéciale d'atteindre tous les buts de l'enseignement des sciences par le biais d'un programme d'études allant de l'élémentaire au secondaire. Il ne tient qu'à nous de saisir l'occasion et de s'en servir au profit des générations actuelles et futures.

«Nous avons tous peur - peur de perdre confiance, peur de notre avenir, peur pour le monde. C'est la nature de l'imagination humaine. Pourtant, tous les êtres humains, toutes les civilisations ont progressé par les buts qu'ils se sont fixés. L'engagement personnel d'un être humain envers ses habiletés, la réunion de son engagement intellectuel et émotionnel, en ont fait une Personne en essor.»

Jacob Bronowski
(1973 : 438)

Épilogue

La plus grande partie de cette monographie se limite et a été adaptée aux structures existantes, et répond aux buts du moment. Certains ont indiqué que le modèle présenté était trop complexe, alors que d'autres l'on trouvé trop simple. L'idée maîtresse de cette monographie est de combiner, dans un même modèle, des concepts qui étaient séparés, afin que ce modèle puisse être utilisé pour décrire un enseignement unifié et équilibré. Les concepts que l'on a combiné pour produire une description d'un programme de sciences STS sont : les points importants du curriculum, les connaissances, les habiletés et les attitudes, et les unités d'études de sciences. Le principal défi que l'on rencontre lorsqu'on combine des concepts qui peuvent être abordés séparément pour décrire un programme, est de créer un modèle uniforme et logique. Dans un modèle à deux dimensions, chacune des dimensions doit se défendre d'elle-même et doit se subsumer à l'autre. Par exemple, dans le modèle de la monographie STS, chaque point important du curriculum doit avoir des éléments, logiques et uniformes, de la connaissance, des habiletés et des attitudes. Lorsqu'on classifie les buts de l'enseignement en tenant compte de ce critère, on remarque que certains buts de l'enseignement rentrent sous les points importants d'un curriculum élargi (ou sont les éléments limités d'une accentuation élargie), et que certains autres éléments sont oubliés, consciemment ou pas. Un des avantages de ce modèle est que l'enseignant se doit d'examiner chacun des éléments possibles du programme, décrits par le modèle, et de prendre publiquement position sur les élèments qu'il va adopter ou pas.

La plus grande différence qui existe entre le modèle de cette monographie et la plupart des descriptions de programmes STS, est que le modèle peut être aussi bien appliqué à n'importe quel cours de sciences, et que les unités d'études ne commencent pas toutes en abordant une question STS. On pourrait cependant souligner que toutes finissent par une question STS. Après avoir obtenu, d'un point de vue scientifique et technologique, la base de la connaissance, des habiletés et des attitudes, les élèves pourront alors s'attaquer aux questions STS d'une manière réfléchie et vigilante. Ce qui est sans cesse répété dans cette monographie, est que les connaissances de base nécessaires à la prise de décision STS ne consiste pas seulement en une connaissance scientifique mais aussi en une compréhension de la nature de la connaissance scientifique et des interactions qui existent entre la science, la technologie et la société.

Le modèle STS présenté pourrait être encore plus global et plus productif si on l'élargissait pour inclure les points importants d'un programme en communication c'est-à-dire si on créait des unités d'études séparées pour les points importants d'un programme de sciences, de technologie, de vie en société et de communication. Lorsqu'on inclut la dimension communication, le modèle qui en

résulte peut être utilisé non seulement pour décrire les cours de sciences axés sur les questions STS, mais aussi les cours technologiques, les cours d'études sociales et les cours de langue avec une quantité adéquate de connaissances, d'habiletés et d'attitudes STS. Cet élargissement donne un modèle STS pouvant s'appliquer d'une façon bien plus large que seulement à des cours de sciences. Une fois que le concept d'un modèle élargi est présenté, de nombreuses questions émergent :

1. Est-ce que le modèle élargi peut être utilisé pour faire de nos cours généraux, des cours plus interdisciplinaires?
2. Comment modifier le modèle pour qu'il inclut les mathématiques?
3. Devrait-on ajouter dans le programme les points importants du concept de la pensée, de la métacognition, du constructivisme et du concept apprendre-pour-apprendre, afin de prendre en considération le souci sans cesse grandissant de respecter et de ne pas oublier les buts de l'enseignement?
4. Est-ce que la résolution de problèmes (utilisation des processus et de leurs habiletés respectives pour répondre à une question spécifique) devrait remplacer les habiletés du trio connaissances-habiletés-attitudes?
5. Devrait-on ajouter la notion d'épistémologie (l'étude de la nature, des origines et des limites de diverses formes de connaissance) aux dimensions qui forment l'apprentissage fondamental, c'est-à-dire les connaissances, les habiletés et les attitudes?

Ce sont toutes ces questions, si on y répond, qui conduiront à une vue encore plus globale de l'enseignement des sciences et de l'enseignement en général. Le modèle STS est une invention humaine qui a pour but de mieux décrire les programmes et de nous les faire mieux comprendre. La création du modèle et de ses utilisations dépend de nos valeurs. Le programme de sciences ne fera, en fait, que représenter ce à quoi nous croyons. Bien que si dans un premier temps la monographie STS ne sert qu'à décrire le programme STS, son but, à long terme, est d'inviter à réfléchir et à discuter des concepts présentés pour ensuite nous forcer à offrir à nos élèves une éducation adéquate.

«Créer une nouvelle théorie [concept] n'est pas la même chose que détruire une vieille grange pour construire à sa place un gratte-ciel. C'est plutôt escalader une montagne, acquérir des points de vue nouveaux et plus larges, découvrir des liens inattendus entre notre point de départ et son riche environnement. Mais notre point de départ existe toujours et nous pouvons toujours le voir même s'il semble de plus en plus éloigné, et n'est qu'une partie infime du point de vue élargi que l'on a acquis en maîtrisant les obstacles rencontrés sur notre chemin aventureux."

Albert Einstein
et Leopold Infeld
(1938 : 152)

Bibliographie avec commentaires

Cette bibliographie avec commentaires comprend huit parties : la science, la technologie, la société, les points importants STS et les points importants du curriculum, les exemples de manuels STS, les organisations STS, les revues et conférences, les publications STS gratuites et les vidéos et films STS.

Science

Association for Science Education, *Nature of Science*, Science in Society Reader Jo., Londres : Heinemann, 1981.
ISBN : 0-435-54039-4.
(Tous les enseignants devraient lire cet ouvrage de 67 pages. On y discute les concepts de la nature de la science de Bacon, Popper et Kuhn.)

Einstein, Albert et Leopold Infeld, *The Evolution of Physics,* New York, Simon et Schuster, 1938.

Galbraith, Bernie, *Science Process Skills and the Alberta Science Curriculum : A Position Paper*, Edmonton, Alberta Education, 1983.
(La plupart des écoles de l'Alberta possèdent ce document, qui compare différents inventaires d'habiletés de démarches.)

Hawking, Stephen W., *A Brief History of Time*, New York, Bantam Books, 1988.
ISBN : 0-553-05340-X.
(Nombreux sont ceux qui considèrent Hawking comme étant l'Einstein de nos jours. Ne manquez pas de lire le premier et le dernier chapitre de ce bestseller.)

Hodson, Derek, Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum. *Science Education*, 72(1), p. 19-40, 1988.
(Hodson soutient que la réforme des programmes a échoué parce que les enseignants, comme les scientifiques, n'ont qu'une faible notion de la connaissance scientifique.)

Holton, Gerald, *The Scientific Imagination : Case Studies,* Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
ISBN : 0-521-21700-8(H) et 0-521-29237-9(S).
(Cet ouvrage traite du processus intensif de l'évaluation et de la validation utilisé par la communauté scientifique, et du processus public et personnel de la création.)

Kaplan, A., *The Conduct of Inquiry*, San Francisco, Chandler, 1964.

Kuhn, Thomas S., *The Structure of Scientific Revolutions,* Chicago, University of Chicago Press, 1970.
ISBN : 0-226-45803-2(C), 0-226-45804-0-(P).
(Ce livre est difficile à lire mais est un livre de référence classique non seulement pour les lecteurs de sciences mais aussi pour ceux intéressés par l'acceptation de la connaissance dans n'importe quelle discipline.)

Latour, Bruno et Steve Woolgar, *Laboratory Life : The Social Construction of Scientific Facts,* Beverly Hills, Sage Publications, 1979.
ISBN : 0-8039-0993-4(H) et 0-8039-0994-2(P).
(Une étude sociologique de la vie dans un laboratoire de sciences qui révèle le monde privé des scientifiques.)

Magee, Bryan, *Popper*, Londres, Fontana Press, 1973.
ISBN : 0-00-686008-7.
(Une bonne introduction sur les idées de Karl Popper à propos de la nature de la science – à lire. Si on ne lit qu'un seul livre sur la nature de la science, c'est celui-ci que l'on doit choisir.)

Nadeau, Robert et Jacques Désautels, *Epistemology and the Teaching of Science*, Ottawa, Science Council of Canada, 1984.
ISBN : 0-662-13214-9.
(Présente une variété de concepts et de descriptions sur **ce qu'est la science**; se termine par un appel à la «revitalisation épistémologique de l'enseignement de la science». Chaque lecture est enrichissante – une excellente base de discussion sur les autres concepts de la nature de la science.)

Nay, Marshall A., A Process Approach to Teaching Science. *Science Education*, 55(2), p. 197-205, 1971.
(Une étude détaillée de l'enseignement avec des procédés qui inclut un inventaire des procédés employés par l'enquête scientifique.)

Nay, Marshall A., et Michael Kozlow, An Approach to Measuring Scientific Attitudes, *Science Education*, 60(2), p. 147-172,
(En plus d'identifier et de décrire les attitudes scientifiques [prédispositions], Nay et Kozlow ont développé un «examen» des attitudes scientifiques.)

Polanyi, Michael, *Personal Knowledge*, London, Routledge & Kegan Paul, 1958.
(Michael Polanyi est le père du prix Nobel canadien John Polanyi qui suit les traces de son père à la recherche de la libération de la recherche scientifique du contrôle bureaucratique.)

Ravetz, Jerome R., *Scientific Knowledge and Its Social Problems*, London, Oxford University Press, 1971.
ISBN : 0-19-519721-6.
(Le concept de Ravetz sur la nature de l'entreprise scientifique comprend l'effet des facteurs sociaux externes et internes.)

Technologie

Burke, James, *Connections*, London, MacMillan Publishers, 1978.
ISBN : 0-333-31924-9(P)
(Ce livre sur la technologie et la société accompagne une série de vidéos de la BBC, Connections, qui peuvent être obtenues par le biais d'ACCESS. Burke étudie huit inventions récentes qui offrent «d'énormes possibilités pour le bien-être de l'être humain – ou pour sa destruction».)

Ellul, Jacques, *Perspectives On Our Age*, Toronto, CBC Enterprises, 1981.
ISBN : 0-88794-094-3(B) et 0-88794-095-1(P).
(Ellul, le philosophe français de la technologie, est reconnu au niveau international pour ses travaux sur la nature de la technologie et les effets généraux [et cachés] de la technologie sur la société. Un petit livre facile à lire.)

Fleming, Reg W., High-school Graduates' Beliefs About Science-Technology-Society. *Science Education*, 71(2), p. 163-186, 1987.
(Fleming, de l'université de la Saskatchewan, aborde l'étude empirique qui indique que les élèves ne font pas de distinction entre la science et la technologie et ne comprennent pas la nature de ces notions distinctes mais pourtant reliées.)

George, Donald A., *An Engineer's View of Science Education,* Ottawa, Science Council of Canada, 1981.
ISBN : 0-662-11598-8.
(George déplore le manque de points de vue technologiques des cours du secondaire qui préparent les élèves à devenir des ingénieurs et des technologues.)

Locatis, Craig N., Notes on the Nature of Technology, *The Technology Teacher*, April, p.3-6, 1988.
(Les articles sur la nature de la technologie sont rares. Celui-ci est court, contient beaucoup d'information et est facile à lire.)

Popowich, Garry et al, *Integration of Technology in the Alberta Science Curriculum - A Proposal,* Edmonton, Alberta Education, 1984.
(Présente une explication à l'intégration de la connaissance technologique, des habiletés et des attitudes dans les programmes de sciences. Le concept de «science-connaissance technologique» et les six dimensions de la connaissance technologique sont bien présentés.)

Rifkin, Jeremy, Biotechnology Should Be Stopped, *Opposing Viewpoints - Sources : Volume 1-Science and Technology,* St. Paul, Greenhaven Press, 1987.
(Ce livre de points de vue opposés est excellent. Le concept des points de vue opposés consiste en la thèse que chaque argument à propos d'une question STS peut être contré.)

Rutherford, F. James, STS ... Here Today and. ... *Bulletin of Science, Technology and Society*, 8(2), p. 126-127, University Park, PA, STS Press, 1988.
(Rutherford est le porte-parole du mouvement STS. Le bulletin de STS Press à l'université Park, PA 16802 U.S.A.(30 $) vaut le coût de l'abonnement.)

Wriggleworth, J. Douglas et Graham Orpwood, *Technology and Innovation in Canadian Industry. An information kit for science teachers,* Toronto, Orpwood Associates, 1988.
(Cet ouvrage a été envoyé gratuitement dans les écoles secondaires de l'Alberta en mars 1989 et contient une étude de cas sur la technologie canadienne dans le domaine de la chimie, de la physique et de la biologie.)

Société

Aikenhead, Glen S., *Science in Social Issues : Implications for Teaching,* Ottawa, Science Council of Canada, 1980.
ISBN : 0-662-11183-4.
(Une des séries de travaux de discussion préparés par le Conseil canadien des sciences pour son étude sur l'enseignement des sciences. Toute la série vaut le coup d'être lue.)

Aikenhead, Glen S., Collective Decision Making in the Social Context of Science, *Science Education*, 69(4), p. 453-475, 1985.
CCC : 0036-8326/85/040453-23.
(Ce travail de l'université de la Saskatchewan, qui a été primé, vaut le coup d'être lu et relu.)

Aoki, Ted T., *Toward Curriculum Inquiry in a New Key,* Edmonton, University of Alberta, Department of Secondary Education, 1979.
(L'idée de la pensée critique peut aider à décrire et aider les élèves qui ont une vue radicale sur les questions STS.)

Bronowski, Jacob, *The Ascent of Man*, London, Little Brown, 1973.
ISBN : 0-316-10930-4(H), 0-7088-2035-2(S).
(La série de vidéos du même nom peut être obtenue par le biais d'ACCESS. On y met l'accent sur la nature de la science et l'interaction science-société.)

Burke, James, *The Day the Universe Changed,* London, BBC, 1985.
ISBN : 0-563-20192-4(H).
(Accompagne la série de vidéos du même nom. Ce livre examine comment le point de vue scientifique sur le monde a affecté notre propre point de vue. «Finalement, l'univers est comme nous pensons qu'il est.»)

Capra, Fritjof, *The Turning Point*, New York, Bantam, 1982.
ISBN : 0-553-01480-3(P).
(Capra présente un argument en faveur d'une vue du monde dynamique, aux points de vue multiples et écologiques.)

Gaskell, P.James, Science,Technology and Society : Issues for Science Teachers, *Studies in Science Education*, 9, p.33-46, 1982.

Institute for the History and Philosophy of Science and Technology, University of Toronto, *Science in Society : An Annotated Guide to Resources*, Toronto, Wall and Thompson, 1989.

Mendelsohn, E., Values and Science : A Critical Assessment, *The Science Teacher,* 43(1), p.20-23, 1976.
(Une présentation des valeurs scientifiques pour un monde moderne.)

Polanyi, Michael, *Personal Knowledge,* London, Routledge and Kegan Paul, 1958.

Polanyi, John, *How Scientific Discoveries Are Made,* une présentation lors de la conférence annuelle du Alberta Teachers' Association Science Council, Banff, Alberta, 1988.

Savan, Beth, *Science Under Siege : The Myth of Objectivity in Scientific Research*, Toronto, CBC Enterprises, 1988.
(L'impression de Savan de «comment la science est modelée par les intérêts qu'elle sert et par la société.»)

Snow, C.P., *Science and Government*, Cambridge MS : Harvard University Press, 1961.
(Un classique sur la science et la société dans lequel Snow compare les processus, les gens de sciences et le gouvernement et présente leurs interactions.)

Suzuki, David, *Inventing the Future : Reflections on Science, Technology and Nature*, Toronto, Stoddart, 1989.
ISBN : 0-7737-2354-4.

Wall, Byron E.(ed), *Science in Society : Classical and Contemporary Readings*, Toronto : Wall et Thompson, 1989.
ISBN : 0-921332-25-4
(Une anthologie de lectures sur le contexte social de la science et de la technologie. Créée pour le nouveau cours en Ontario, intitulé Science dans la société.)

Points importants du curriculum et du programme STS

Alberta Education, *Program of Studies for Senior High School,* Edmonton, 1976.

Alberta Education, *Review of Secondary Programs,* Edmonton, 1985.

Alberta Education, *Secondary Education in Alberta Policy Statement,* Edmonton, 1985.

American Association for the Advancement of Science, *Project 2061 : Science for All Americans,* Washington,D.C., 1989.
ISBN : 0-87168-341-5.
(La première étape du projet 2061, commencé en 1985, examinait les buts de l'enseignement des sciences. La seconde étape a rapport avec la conception des programmes de sciences.)

Butt, Richard et Eric Mokosch, *Scientific Enlightenment for a Technological Age.* A Curriculum Proposal for Alberta Secondary Schools. University of Lethbridge, Lethbridge, 1984.
(Butt et Mokosch donnent «une image désirée de l'avenir», une description des éléments STS d'un programme et des «considérations politiques pour une réforme de l'enseignement des sciences en Alberta.»)

Bybee, Rodger W. (ed), *Science Technology Society : NSTA Yearbook,* Washington DC, National Science Teachers' Association, 1986.
ISBN : 0-87355-056-0(P).
(Ce livre de l'année 85 comprend des articles écrits par 25 des chefs de file du mouvement STS y compris G. Aikenhead, R. Bybee, P. Dehart Hurd, J. Soloman et R. Fleming.)

Connelly, Michael F., Robert K. Crocker and Heidi Kass, *Scientific Education in Canada,* Toronto, Institute for Studies in Education, 1985.

Driver, Rosalind and Valerie Oldham, A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education,* 13, p. 105-122, 1986.
(Driver et Oldham travaillent à l'Université de Leeds, Angleterre. Oldham a fait certaines recherches à l'université de l'Alberta en tant qu'étudiante.)

Erickson, Gaalen L., *Constructivist Epistemology and the Professional Development of Teachers.* Un travail présenté à l'assemblée annuelle de l'A.A.A.S., Washington, D.C., 1987.
(Erickson est diplômé de l'université de l'Alberta et fait maintenant de la recherche sur le contrustivisme à l'université de la Colombie-Britannique.)

Jenkins, Frank, *Custom Tailoring the Chemistry Curriculum to the Culture : A Perspective from Canada.* Conference Proceedings : Sixth International Conference on Chemical Education. College Park, Maryland, University of Maryland, 1981.

Jenkins, Frank, *A Taxonomy of Curricular Discourse : A Classification of Science Textbook Discourse.* Thèse de doctorat non publiée, University of Alberta, Edmonton, 1987.
(La recherche de Jenkins a conduit à classer des énoncés textuels dans des catégories telles que la science, la technologie, la société, la communication, les énoncés de pédagogie ou telles que les concepts, les descriptions, les habiletés et les énoncés d'épistémologie ou telles que les résultats de la connaissance, les processus de la connaissance et les énoncés demandant une action à l'intérieur d'un modèle STS à trois dimensions.)

Mitchell, Ian et John Baird, *Improving the Quality of Teaching and Learning : An Australian Case Study of the PEEL Project,* Melbourne, Monash University Press, 1986.
(PEEL, ou Project to Enhance Effective Learning [projet pour augmenter l'apprentissage effectif], est un projet conjoint de l'université Monash et des écoles environnantes de Melbourne, Australie.)

Peterson, Rita et al., *Science and Society : A Source Book for Elementary and Junior High School Teachers*, Columbus, OH : Merril, 1984.
ISBN : 0-675-20029-9.
(Ce manuel de l'enseignant facile à suivre contient de l'information sur des questions relevant du domaine scientifique, une mise à jour de la science, des activités à faire en classe et des méthodes d'enseignement des sciences.)

Roberts, Douglas, Developing the Concept of «Curriculum Emphases» in Science Education. *Science Education*, 66(2), p.243-260, 1982.
(Roberts introduit le concept des «points importants du curriculum» et décrit sept points tirés de déclarations de politique de l'enseignement des sciences. Roberts donne aussi des suggestions sur comment utiliser les points importants au service de l'élaboration des politiques, des manuels, de l'éducation des enseignants et de la recherche.)

Science and Technology 11 : Curriculum Guide 1986, British Columbia Curriculum Development Branch, 1986.
(Donne aux enseignants une vue d'ensemble des 16 modules du programme et souligne sa philosophie et sa raison d'être.)

Science Council of Canada, *Science for Every Student : Educating Canadians for Tomorrow's World,* rapport 36, Ottawa, 1984.
ISBN : 0-662-11576-X.
(Ce rapport distribué à grand exemplaire, sur l'étude détaillée de l'enseignement des sciences dirigée par Graham Orpwood et Jean-Pascal Souque, est un bon point de départ pour toute personne intéressée par la question STS.)

Yager, Robert E., *Curriculum Report*, octobre 1983, p.3.

Exemples de manuels STS

ChemCom : Chemistry in the Community, par la American Chemical Society, Dubuque, Kendall/Hunt, 1988. ISBN : 0-8403-4423-6.
(Un manuel de chimie de premier niveau qui commence chaque chapitre avec une question STS. Ne comprend pas le concept des points importants du curriculum.)

LoRST : Logical Reasoning in Science and Technology par Glen Aikenhead, Toronto, Wylie (In press), 1990.
(LoRST est un modèle de sciences pour la 10e année qui sert de modèle pilote pour Aikenhead en Saskatchewan. Il explore les questions sociales comme l'utilisation de l'alcool et de ses abus dans un contexte scientifique. LoRST enseigne les habiletés de la pensée critique, le raisonnement logique et la prise de décision réfléchie.)

SaTiS : Science and Technology in Society par The (British) Association for Science Education, Herts, England, ASE, 1986.
(Le matériel pédagogique SaTiS est une série de modules STS qui accompagne un livre standard de chimie. Les modules, écrits par John Holman, un enseignant de chimie niveau A, sont maintenant distribués par la American Chemical Society.)

Science : A Way of Knowing par Glen Aikenhead, Saskatoon, Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan.

SISCON : Science in a Social Context par Joan Soloman (ed.) pour la (British) Association for Science Education, London, Butterworths, 1983. ISBN : 0-631-91000X (séries A)
(Le contenu du cours met plus l'accent sur la science, la technologie et la société que sur la science pure.)

STSC Chemistry : Science, Technology, Society, and Communication Chemistry par le Author Group, Edmonton, Karitann Publishers, 1988. ISBN : 0-921445-30-X.
(Un manuel de chimie de deux ans qui applique les points importants du programme sociétal, de la science et de la technologie aux unités d'études standard.)

Nota : Dans une série de manuels allant de ceux ayant un contenu scientifique limité à ceux ayant un grand contenu, les exemples suivants apparaissent :

SISCON	LoRST	SaTiS & Text
Science & Technology 11	ChemCom	STSC Chemistry

Organisations STS, revues et conférences

Alternatives : Perspectives on Society, Technology and Environment.
(Une revue STS canadienne pour votre bibliothèque)
ISSN : 002-6638
Faculty of Environmental Studies
University of Waterloo
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Bulletin of Science, Technology and Society
102 Materials Laboratory
University Park, PA 16802
U.S.A.

National Association for STS (NASTS)
117 Willard Building
University Park, PA 16802
U.S.A.

National STS Network
117 Willard Building
University Park, PA 16802
U.S.A.

Science•Technology•Society Research Network
(Une organisation internationale pour l'enseignement technologique des sciences qui a un bulletin de recherche et une conférence internationale.)
a/s Dr. Glen Aikenhead
College of Education, Curriculum Studies
University of Saskatchewan
Saskatoon, SK
S7N 0W0

Technological Literacy Conference
(A eu lieu au début de février à Washington, D.C.)
117 Willard Building
University Park, PA 16802
U.S.A.

Publications STS gratuites

ChemEcology
Chemical Manufacturers Association
2501 M Street N.W.
Washington, D.C. 20037
U.S.A.

Environment Views
Alberta Environment
9820-106 Street
Edmonton, AB
T5K 2J6

Global Education Networks
(Une publication du Alberta Global Education Project)
11010-142 Street
Edmonton, AB
T5N 2R1

STS Reporter
The Pennsylvania State University
117 Willard Building
University Park, PA 16802
U.S.A.

Teachers' Clearinghouse for Science and Society Education
(Rassemble et révise le matériel et publie, trois fois par an, un bulletin gratuit.)
New Walden-Lincoln School
1 West 88 Street
New York, NY 10024
U.S.A.

Vidéos et films STS

Chaque série de vidéos et de films ont des programmes spécifiques qui peuvent être utiles à des étapes précises du programme de sciences au secondaire.

A Planet for the Taking avec David Suzuki, est une série de la chaîne CBC qui présente l'arrogance et l'égoïsme de l'espèce humaine par rapport à la planète. La série met l'accent aussi sur l'utilisation bénéfique de la science et de la technologie et sur sa mauvaise utilisation dans l'histoire de l'humanité.

Connections avec James Burke est une série de la chaîne BBC sur la relation qui existe entre différentes technologies et sur les effets de la technologie sur la société. (ACCESS)

Science Perspectives par l'Office National du Film est une vidéo sortie en 1989 qui présente une question STS de chimie, de physique et de biologie d'un point de vue scientifique, technologique et sociétal. Cette vidéo est interactive et utilise de nouvelles techniques qui vous permettent de rechercher différentes parties de la vidéo. (ONF)

The Ascent of Man avec Jacob Bronowski est une série télévisée de BBC sur l'interaction intellectuelle de la science et de la société (ACCESS).

The Day the Universe Changed avec James Burke est une série télévisée de BBC qui explore comment les concepts scientifiques, tout au long des années, ont changé notre vision du monde. (ACCESS).

The Renewable Society est une série faite par ACCESS qui présente des questions concernant l'énergie et les ressources renouvelables et non renouvelables. (ACCESS)

DATE DE RETOUR

F255 O

University of Alberta Library
0 1620 1086 2751